

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра електропостачання**

«На правах рукопису»  
УДК 621.311.153

«До захисту допущено»  
Науковий керівник кафедри  
\_\_\_\_\_ С.П. Денисюк  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективність

**на тему: «Система комерційного обліку електроенергії суб'єктів  
альтернативної енергетики».**

Виконав:

студент VI курсу, групи ОН-371мп

**Саблін Олександр Леонідович**

Керівник:

**к.т.н., доц. Калінчик В.П.**

Консультант з нормоконтролю:

**ас. Прокопенко І.Д.**

Рецензент:

**Зав. кафедри АУЕК, проф., д.т.н. Розен В.П.**

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

Кафедра Електропостачання  
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективність»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Науковий керівник кафедри**

С.П. Денисюк  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

Саблін Олександр Леонідович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Система комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики».

науковий керівник Калінчик В.П. к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018 р. №4089-с

2. Строк подання студентом дисертації «10» грудня 2018 року.

3. Об'єкт дослідження процеси контролю виробітку та споживання електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики.

4. Предмет дослідження технологія побудови систем автоматизованого обліку електроенергії.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) аналіз сучасного стану систем комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики; 2) організація систем обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики; 3) розроблення та побудова «Кінцевих» та «Транзитних» схем площадок вимірювання (основних) споживачів; 4) приклад реалізації системи комерційного обліку сонячної електростанції; 5) проведення методики визначення втрат електроенергії в лініях електропостачання.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: схеми площадок вимірювання (основних) споживачів, блок-схеми розроблених алгоритмів, схеми автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, презентаційний матеріал;

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1) Основні технічні рішення реалізації системи комерційного обліку електроенергії сонячної електростанції)  
2) Основні положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах енергоринку.

8. Дата видачі завдання «18» квітня 2018 року.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	20.04.18-20.05.18	
2	Складання плану роботи	20.05.18-30.06.18	
3	Робота над першим розділом	01.07.18-01.09.18	
4	Робота над другим розділом	02.09.18-30.09.18	
5	Робота над третім розділом	01.10.18-30.10.18	
6.	Розробка стартап проекту	31.10.18-06.11.18	
7.	Оформлення дисертації	08.11.18-02.12.18	
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	03.12.18-07.12.18	
9.	Передзахист МД	10.12.18-14.12.18	
10.	Захист дисертації	17.12.18-20.12.18	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Саблін О.Л.

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Калінчик В.П.

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

**Структура і обсяг роботи:** магістерська дисертація викладена на 118 сторінках, складається зі вступу, 4 розділів, висновку, уміщує 16 рисунків, 8 таблиць, 20 формул, список використаних джерел із 39 найменувань на 4 сторінках.

**Актуальність роботи.** Дослідження та організація комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики є важливим техніко-економічним питанням науки. Необхідність здійснення комерційного обліку обумовлена технологічними і економічними причинами.

На даний момент запропоновано безліч систем з різними способами передачі, отримання, збору даних в систему АСКОЕ. Також можливих схем розташування відповідних точок обліку та розподілу, лічильників обліку електроенергії, установок та комунікацій системи, а також основного блоку збереження інформації (база даних). Автоматизація системи комерційного обліку електроенергії надає можливість більш точнішої роботи в отриманні та обробці даних, швидкості передачі інформації з лічильників обліку щодо обсягу перетікання електроенергії, а також комфортному виконанню основних функцій роботи системи. Використання автоматизованих систем обліку та передача відповідних даних надає можливість бачити всю споживчу систему України та робити відповідні прогнози по виробітку електроенергії, що значно впливає на економію енергоресурсів.

На даний момент в Україні найбільшого розвитку набули в використанні такі альтернативні джерела енергії як сонячна, вітрова, гідроенергетика та енергія біомаси. Застосування сонячної енергії використовується як головний елемент отримання енергії. Отримання сонячної енергії також часто komponують з використанням енергії вітру та інших елементів системи. Після виробленої електроенергії держава на вигідних пропозиціях пропонує продаж електроенергії в оптовий ринок електроенергії за встановленими, привабливими цінами.

Точність в обліку електроенергії та достовірність інформації, а також автоматизація системи надає можливість довгостроковому та вигідному використанні альтернативних джерел енергії об'єктами вироблення електроенергії.

Роботою викладені основні вимоги щодо побудови, впровадження в експлуатацію та приєднання до мереж систем обліку електроенергії, а також умови використання системи в умовах енергоринку.

Надано «Кінцеві» та «Транзитні» схеми площадок вимірювання споживачів та основних споживачів електроенергії. Дані схеми мають широке застосування при побудові систем обліку електроенергії та розрахунках можливих втрат електроенергії на досліджуваній ділянці електропостачання. Використання даних схем вимірювальних площадок залежить від розташування меж балансової належності та точок розподілу і точок вимірювання електроенергії.

Використання автоматизованих систем обліку електроенергії є основною вимогою при роботі з електроенергією на оптовому ринку України. Роботою запропоновано приклад реалізації системи комерційного обліку електроенергії сонячної електростанції та вказано на основні елементи побудови автоматизованої системи в залежності від рівня системи «нижчого» чи «верхнього». Приклад реалізації також пропонує розрахунок втрат електричної енергії в лініях та ізоляціях електропостачання та спосіб передачі електроенергії в мережу електропередавальній організації відповідно «сальдо» торгівельного балансу.

**Мета роботи:** підвищення точності та об'єктивності контролю, виробітку та споживання електричної енергії суб'єктами альтернативної енергетики.

**Об'єктом дослідження:** являються процеси контролю виробітку та споживання електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики.

**Завдання досліджень:**

1. Вказати на основні системи генерації електроенергії, що використовуються в Україні з альтернативних джерел енергії. Надати характеристики даним системам та вказати на способи отримання енергії.

2. Виявити основні вимоги, щодо функціонування автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії, побудови, використання та нового приєднання елементів системи. Використати необхідні нормативні документи в роботі та вказати на основні нормативно-технічні правила.

3. Провести порівняльну характеристику існуючих систем комерційного обліку електроенергії та запропонованих нормативними документами та вибрати найоптимальніший варіант побудови комерційного обліку з виконанням встановлених вимог. Надати схеми площадок вимірювання електропостачання в залежності розташування точок вимірювання та точок розподілу електроенергії.

3. Вказати на основні цілі та задачі при створенні автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії.

4. Розробити приклад реалізації системи комерційного обліку електроенергії сонячної електростанції, вказати на основні функціональні можливості системи, необхідність реалізації, основні нормативно-технічні рішення щодо реалізації системи.

5. В залежності від рівня автоматизованої системи «нижнього», «верхнього» рівнів виділити їх основні функціональні можливості та принципи побудови.

6. Навести приклад розрахунку втрат електричної енергії в лініях електропостачання та в ізоляції мережі.

7. Вказати на необхідність проведення метрологічного дослідження вимірювальних систем обліку електроенергії, а також основні вимоги при введенні системи в спочатку дослідницьку, а після в повну експлуатацію.

**Предмет дослідження:** технології побудови систем автоматизованого обліку електроенергії необхідні для точності та об'єктивності контролю виробітку споживання електричної енергії суб'єктами альтернативної енергетики.

**Методи дослідження:** аналіз особливостей систем обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики, розробка методик необхідних для вибору трансформаторів струму та напруги, визначення показників виробітку та споживання електроенергії та розробки архітектури системи комерційного обліку електроенергії.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Розроблено типові схеми розташування точок вимірювання та точок розподілу електроенергії. Надано «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів та «Транзитні» схеми площадок вимірювання основних споживачів, в залежності від розміщення межі балансової відповідальності сторін. Дані схеми можуть використовуватися при побудові системи комерційного обліку електроенергії чи проведенні реконструкції.

2. Надано приклад реалізації системи комерційного обліку електроенергії сонячної електростанції з вказанням на основні нормативно-технічні вимоги, а також проведено розрахунок втрат електроенергії в лініях електропостачання, надано умови проведення метрологічного дослідження систем обліку електроенергії.

3. Запропоновано створення програмного забезпечення інтегрованого в АСКОЕ для автоматизованого розподілення виробленої електроенергії з альтернативних джерел спочатку на власні потреби об'єкту після надлишок електроенергії продаватиметься в оптовий ринок відповідно встановленим вимогам.

**Практичне застосування** технічних вимог під час організації комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики може бути використане:

- під час нового приєднання суб'єктів альтернативної енергетики до зовнішніх мереж оптового ринку електроенергії чи відповідної організації;
- для проведення енергоаудиту на об'єктах альтернативної енергетики та підвищення точності вимірювання виробітку та споживання електроенергії;
- для обліку та планування вироблення та споживання необхідної кількості електроенергії під час здійснення підприємницької діяльності, що дає можливість для зниження величини помилки при прогнозуванні електроспоживання;
- під час проведення реконструкцій систем комерційного обліку;
- для визначення всіх факторів, що впливають на вироблення та споживання електроенергії на об'єкті, а також позиціонування даних факторів від найбільш сильного до найбільш слабого.

#### **Апробація результатів дисертації та публікації.**

1. В.П. Калінчик, О.Л.Саблін. Основні положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах енергоринку/ Збірник наукових праць. Матеріали X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції „Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії” – Переяслав-Хмельницький. – 2018.- С.182-183.

2. В.П.Калінчик, О.Л.Саблін. Основні технічні рішення реалізації системи комерційного обліку електроенергії сонячної електростанції/ Збірник наукових праць I науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ (21-22 Листопада 2018) – Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – 2018.

**Ключові слова:** автоматизована система комерційного обліку електроенергії, система обліку, оптовий ринок електроенергії, втрати електричної енергії, точки вимірювання, точки розподілу, межа балансової належності, система генерації, альтернативні джерела енергії, програмне забезпечення, трансформатори струму, напруги, лічильники обліку.



## ABSTRACT

**Structure and scope of work master's degree:** 118 pages, consists of introduction, 4 chapters, conclusion, contains 16 figures, 8 tables, 20 formulae, a bibliography of 39 items in 4 pages.

**Relevance of the work.** Research and organization of commercial accounting of electricity of subjects alternative energy is an important technical and economic issues of science. The need for commercial accounting is due to technological and economic reasons.

At the moment, many systems with different methods of transmission, receipt, and data collection in the system have been proposed. Also possible schemes of location of the corresponding points of account and distribution, meters of electricity accounting, installations and communications of the system, as well as the main information storage unit (data base). Automation of the system of commercial electricity accounting provides the possibility of more accurate work in the receipt and processing of data, the speed of the transfer of information from counting meters for the flow of electricity, as well as the comfortable performance of the main functions of the system. The use of automated commercial systems and the transfer of relevant data provides an opportunity to see the entire Ukrainian consumer system and make appropriate forecasts for electricity generation, which significantly influences energy saving.

Currently, alternative energy sources such as solar, wind, hydropower and biomass energy have become the most developed in Ukraine. The use of solar energy is used as the main element of electricity generation. Solar energy is also often combined with the use of wind energy and other elements of the system. After the electric power produced, the state proposes selling electricity to the wholesale electricity market at attractive prices at favorable offers.

Accuracy in electricity accounting and reliability of information, as well as automation of the system provides the opportunity for long-term and advantageous use of alternative sources of energy by the objects of electricity generation.

The work outlines the main requirements for the construction, commissioning and connection to the networks of electricity accounting systems, as well as the conditions for using the system in the energy market.

The "Final" and "Transit" schemes of measurement platforms of consumers and main consumers of electric power are provided. These schemes are widely used in the construction of electricity accounting systems and calculations of possible losses of electricity in the studied area of electricity supply. The use of the data of the schemes of the measuring platforms depends on the location of the balance sheet and the distribution points and the points of measurement of the electric power.

The use of automated electricity accounting systems is a basic requirement when working with electricity in the wholesale market in Ukraine. The paper proposes an example of the implementation of a commercial electricity accounting system for a solar power plant and specifies the main elements of the construction of an automated system, depending on the level of the system "lower" or "upper". An example of implementation also offers the calculation of electricity losses in the lines and isolations of electricity supply and the way of transferring electricity to the network of transmission companies, respectively, the balance of the trade balance.

**The purpose of the work:** to increase the accuracy and objectivity of control production and consumption of electric energy by the subjects of alternative energy.

**Object of research:** processes for controlling the generation and consumption of electricity from the subjects of alternative energy.

**Subject of research:** technologies for the construction of automated electricity accounting systems are needed for the accuracy and objectivity of controlling the generation of electricity consumption by the subjects of alternative energy.

**Research methods:** analysis of the peculiarities of the electricity accounting systems of the subjects of alternative energy, development of the methods necessary for the selection of current and voltage transformers, determination of output indicators and electricity consumption, and development of the architecture of the commercial electricity systems.

**Scientific novelty of the obtained results.**

1. The typical schemes of location of measuring points and power distribution points are developed. An example "Final" schemes of consumer measurement platforms and "Transit" schemes of measurement platforms of the main consumers are provided, depending on the placement of the balance sheet liability of the parties. These schemes can be used in the construction of a commercial electricity system or reconstruction.

2. An example of implementation of the system of commercial electricity accounting for the solar power plant with the indicated regulatory and technical requirements is given, as well as the calculation of electricity losses in the power supply lines, the conditions for carrying out the metrological research of electric energy accounting systems have been provided.

3. Software developed for the distribution of the generated electricity from alternative sources will first be sold to the wholesale market in accordance with the established requirements for the own needs of the facility after the excess electricity is supplied.

**The practical application** of technical requirements during the organization of commercial accounting of electricity of subjects of alternative energy can be used:

- during the new joining of the subjects of alternative energy to the external networks of the wholesale electricity market or the corresponding organization;
- for carrying out energy audits at alternative energy facilities and improving the accuracy of measurement of production and consumption of electricity;

- for accounting and planning of the development and consumption of the required amount of electricity in the course of entrepreneurial activity, which makes it possible to reduce the error value when forecasting electricity consumption;
- during the reconstruction of commercial accounting systems;
- to identify all factors affecting the generation and consumption of electricity at the facility, as well as positioning these factors from the strongest to the weakest.

**Approbation of the work and Publications.** The results of the master thesis was published:

1. Kalinchyk V.P., Sablin O.L. Basic provisions for construction of electric energy accounting systems in the energy market/ Collection of scientific works. Materials of the X International Scientific and Practical Internet Conference «Problems and Prospects for the Development of Modern Science in Europe and Asia» - Pereyaslav-Khmelnitsky. - 2018.- p.182 - 183.

2. Kalinchyk V.P., Sablin O.L. Basic technical solutions for the implementation of the system of commercial accounting for electricity of the solar power plant / Collection of scientific works of the 1st scientific and technical conference of IEE masters (November 21-22, 2018) - Kyiv, NTUU «KPI Igor Sikorsky». - 2018.

**Key words:** automated system of commercial accounting electric power, accounting system, wholesale market of electric power, losses of electric energy, measuring points, distribution points, balance sheet membership, generation system, alternative sources of energy, software, current transformers, voltages, counting registers.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	15
ВСТУП.....	16
<b>1. СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ .....</b>	<b>19</b>
1.1 Характеристика систем генерації електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики .....	21
1.2 Аналіз нормативних документів обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики .....	28
1.3 Дослідження та аналіз автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики .....	42
Висновки.....	49
<b>2. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ .....</b>	<b>50</b>
2.1 Концептуальні положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах енергоринку .....	50
2.2 Типові схеми розташування точок вимірювання та точок розподілу електроенергії.....	54
2.2.1 «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів .....	54
2.2.2 «Транзитні» схеми площадок вимірювання основних споживачів .....	60
2.3 Основні цілі, задачі системи обліку та контролю електропостачання....	66
Висновки.....	68
<b>3. ПРИКЛАД РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ .....</b>	<b>69</b>
3.1 Основні технічні рішення при реалізації системи комерційного обліку сонячної електростанції .....	70
3.2 Характеристика функціональної структури автоматизованої системи обліку.. .....	78
3.2.1 Верхній функціональний рівень системи обліку .....	78
3.2.2 Нижній функціональний рівень системи обліку .....	82
3.2.3 Розрахунок показників виробітку, споживання/купівлі, відпуску/продажу електричної енергії .....	84
3.2.4 Ручні та автоматизовані операції системи .....	86

3.3 Розрахунок втрат електроенергії в лініях електропостачання.....	88
3.4 Проведення необхідних заходів по введенню автоматизованої системи в експлуатацію.....	90
3.4.1 Організаційно-технічні заходи по введенню автоматизованої системи в експлуатацію.....	90
3.4.2 Метрологічне забезпечення автоматизованої системи .....	91
Висновки.....	97
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	99
4.1 Опис ідеї проекту .....	99
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	103
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	104
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	108
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	109
Висновки.....	111
ВИСНОВКИ .....	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	115

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТС - Трансформатори струму;  
ТН - Трансформатор напруги;  
ВП - Вимірювач параметрів якості електроенергії;  
МН - Маневрене навантаження;  
ЛЧ<sub>О</sub> - Лічильник електроенергії (основний лічильник);  
ЛЧ<sub>Д</sub> - Лічильник електроенергії (дублюючий лічильник);  
ПО - Прилад обліку - вимірювальний компонент ЛУО;  
ЛУО - Локальне устаткування обліку електроенергії;  
РУЗД - Регіональне устаткування збору даних;  
ЦУЗД - Центральне устаткування збору даних;  
АСКОЕ – Автоматизована система комерційного обліку електроенергії;  
ОЕС – Об'єднана енергетична система;  
ЛУЗОД – Локальне устаткування збору та обробки даних;  
МБН – Межа балансової належності;  
ТВ – Точка виміру електроенергії;  
ТР – Точка розподілу електроенергії;  
ОСР – Оператор системи розподілу;  
ПЗ – програмне забезпечення;  
ЕЕ – електроенергія;  
КТЗ – комплекс технічних засобів;  
ІОК – інформаційно обчислювальний комплекс;  
МЕВ – межа експлуатаційної відповідальності.

## ВСТУП

В теперішній час електроенергетична галузь в Україні має досить об'ємну область задач та проблем, які необхідно вирішувати для покращення ситуації в країні у напрямку енергетичної промисловості та доцільності використання, споживання енергетичних ресурсів. Однією з таких проблемних питань є саме організація комерційного обліку електроенергії для суб'єктів альтернативної енергетики.

Перш за все комерційний облік електроенергії є процесом вимірювання кількості електроенергії та визначення обсягу потужності, збору, зберігання, обробки, передачі результатів цих вимірювань та формування розрахунковим шляхом інформації про кількість виробленої та спожитої електричної енергії для цілей взаєморозрахунків за поставлену електричну енергію, а також за послуги необхідних для виконання робіт пов'язаних з електропостачанням.

Дане визначення «комерційний облік електроенергії» зазначається в основних технічних документах щодо організації обліку електроенергії таких як «Правила улаштування електроустановок» [10] та інших. Але в «Інструкції про порядок комерційного обліку електричної енергії» [8], зазначається що комерційний (розрахунковий) облік електроенергії є безпосередньо процесом формування даних обліку електроенергії для здійснення фінансових розрахунків на ринку електричної енергії згідно з правилами оптового ринку електроенергії. Встановлені технічними вимогами вимірювальні комплекси, данні з яких застосовуються для розрахунків називаються розрахунковими. Лічильники обліку електричної енергії, які входять до складу комплексів мають назву розрахункові лічильники [8].

У зв'язку з впровадженням в нашої країні суб'єктів альтернативної енергетики перш за все для економічного використання основних ресурсів гостро постає питання щодо дослідження та організації комерційного обліку електроенергії для підприємств з альтернативними джерелами енергії. Дане



питання розкривається в роботі та зазначаються основні вимоги щодо організації комерційного (розрахункового) обліку електроенергії.

Автоматизація комерційного обліку електроенергії та впровадження АСКОВЕ, яка складається з засобів вимірювальної техніки надає можливість збору, обробки, збереження та відображення інформації щодо обсягів спожитої (виробленої, відпущеної) електричної енергії, синхронізації засобів зв'язку з часом та як комплексна система функціонально об'єднана для забезпечення комерційного (розрахункового) обліку електричної енергії [8].

Обґрунтування з приводу пред'явлення жорстких вимог до надійності технічних засобів обліку електроенергії, що зазначаються в роботі, до їх високих класів точності необхідна для зниження ризику фінансових втрат у разі можливого виходу з ладу будь-яких елементів вимірювально-інформаційного комплексу обліку електричної енергії. Будь яка технічна несправність, що виникла в вимірювально-інформаційному комплексі чи системі в цілому обліку електроенергії, або порушення в самій схемі підключення лічильника призводять до заниження результатів вимірювань і до недообліку електроенергії. Питання правильності організації комерційного обліку електроенергії повністю розкриті в даній роботі.

Таким чином, необхідність щодо організації комерційного (розрахункового) обліку електроенергії для суб'єктів альтернативної енергетики є актуальною темою сьогодення на оптовому ринку електроенергії нашої країни.

**Об'єктом дослідження:** являються процеси контролю виробітку та споживання електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики.

**Мета роботи:** підвищення точності та об'єктивності контролю виробітку та споживання електричної енергії суб'єктами альтернативної енергетики.

**Предмет дослідження:** технології побудови систем автоматизованого обліку електроенергії необхідні для точності та об'єктивності контролю

виробітку споживання електричної енергії суб'єктами альтернативної енергетики.

**Методи дослідження:** аналіз особливостей систем обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики, розробка методики необхідної для вибору трансформаторів струму та напруги, визначення показників виробітку та споживання електроенергії та розробки архітектури системи комерційного обліку електроенергії.

**Актуальність роботи:** дослідження та організація комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики є важливим техніко-економічним питанням науки. Необхідність здійснення комерційного обліку обумовлена технологічними і економічними причинами.

**Практичне застосування** технічних вимог під час організації комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики може бути використане:

- під час нового приєднання суб'єктів альтернативної енергетики до зовнішніх мереж оптового ринку електроенергії чи відповідної організації;
- для проведення енергоаудиту на об'єктах альтернативної енергетики та підвищення точності вимірювання виробітку та споживання електроенергії;
- для обліку та планування вироблення та споживання необхідної кількості електроенергії під час здійснення підприємницької діяльності, що дає можливість для зниження величини помилки при прогнозуванні електроспоживання;
- під час проведення реконструкцій систем комерційного обліку;
- для визначення всіх факторів, що впливають на вироблення та споживання електроенергії на об'єкті, а також позиціонування даних факторів від найбільш сильного до найбільш слабого.

## **1. СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.**

У зв'язку з вичерпуванням ресурсів основних енергоносіїв, перш за все таких як газу, нафти, вугілля в багатьох передових країнах світу ведуться наукові дослідження щодо збільшення можливості використання альтернативних джерел енергії таких як сонця, вітру, торфа, нетрадиційних газів, енергію морів та океанів, біосинтеза, енергію невеликих річок.

Альтернативна енергетика – це види найбільш перспективніших способів отримання енергії, які не мають такого широкого застосування як традиційні, але в свою чергу мають інтерес через їх низьку здатність завдавати шкоду навколишньому середовищу та вигідність в використанні.

Альтернативними джерелами енергії є певні пристрої, способи чи споруди, які надають змогу отримати електричну енергію чи будь якого іншого необхідного виду енергії, а також в певному відсотковому значенні замінюють значну частину використання традиційних джерел енергії [1].

Основними завданнями щодо надання можливості використання альтернативних джерел енергії суб'єктами альтернативної енергетики є:

- зменшення впливу на навколишнє середовище від дій енергетичних комплексів;
- зниження кількості використання невідновлювальних енергетичних ресурсів;
- впровадження новітніх технологій в енергетичній системі;
- постійний розвиток енергетичної системи та пошук нових (альтернативних) джерел енергії;

В XXI столітті основними джерелами енергії залишаються традиційні, а саме вугілля, газ, нафта та інші. Крім цього ресурси вугілля значно перевищують кількість ресурсів нафти та газу, а ціна на вугілля в два рази менша. Серед альтернативних джерел енергії в перспективі зросте використання торфу, нетрадиційних газів, енергії внутрішнього тепла Землі,

вітру, енергію морів та океанів, сонця. Ціна для отримання енергії за допомогою альтернативних джерел енергії поки що є досить значною в порівнянні з традиційними джерелами. Але все таки в багатьох країнах можливість використання альтернативних джерел енергії оправдано вже сьогодні, що в перспективі надає змогу та завдання на пошук раціональності і балансу між традиційною та альтернативною енергетикою [1,2].

Людство на всій Землі шукає і по можливості впроваджує технології на заміну викопного палива. Але не дивлячись на цілі значно підвищити використання альтернативних джерел енергії для економічності використання ресурсів традиційних джерел енергії, альтернативна енергетика також має ряд проблем.

Перш за все це географічна яка вказує нам на можливість використання вітрових електростанцій тільки в регіонах з постійними вітрами, сонячних – де максимальна кількість ясних днів. Як для прикладу нафта є тільки в деяких регіонах Землі, але перш за все її транспортування набагато простіше.

Основною проблемою альтернативної енергетики є також нестабільність. Використання енергії від сонця є неможлива в ночі та в похмуру погоду. Вітрові електростанції напряму залежать від швидкості вітру який постійно змінює свій напрям, а інколи і зовсім затихає [4].

Енергією отриману з альтернативних джерел енергії для прикладу з таких як сонячна та вітрова, не можна забезпечити основні потреби людства з врахуванням постійності і стабільності необхідного постачання. В той же момент виробництво енергії за допомогою атомних і теплоелектростанцій постійна та є регульованою. Вирішення проблеми щодо можливості значного використання альтернативних джерел є будівництво великих ємностей, для можливості резерву в період невеликого виробництва енергії. Але в свою чергу це значно підвищить ціну на вказану систему.

Саме із за зазначених вище та інших проблем розвиток альтернативної енергетики значно сповільнюється. Спалювання традиційних джерел для отримання енергії на даний час все таки є більш дешевшим.

Все таки серед іншого якщо в великих масштабах економіки альтернативні джерела енергії і не дають можливість в застосуванні у зазначеній мірі то в межах окремого невеликого населеного пункту чи навіть дому вони є досить привабливі.

В перспективі на майбутнє експерти прогнозують, що через 10-15 років технології альтернативних джерел енергії стануть більш доступніші у використанні. Аналізуючи процес становлення альтернативних джерел енергії вже на теперішній час розрив у ціні в порівнянні із традиційними джерелами значно зменшується.

Вважається, що самою найменш затратною альтернативною енергією є геотермальна енергія, а також енергія отримана в результаті спалювання відходів виробництва та сміття. Дані два види енергії на даний момент часу з економічної точки зору вже можуть конкурувати з традиційними джерелами енергії, але перш за все стримуючим фактором розвитку для них є обмеження у місцях використання поблизу споживачів [1].

### **1.1 Характеристика систем генерації електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики**

*Використання енергії вітру суб'єктами альтернативної енергетики:*

Вітроелектростанція – (вітрогенератор, або вітроелектрична установка) – це певний механізм призначення якого перетворення кінетичної енергії вітру в електричну.

Використання вітрових електростанцій розглядається як елемент досить значної економії затрат на перш за все виробництво тепла та

зниження використовуваної електричної енергії від основних мереж як побутовим споживачем так і на незначному виробництві.

Для розрахунку потужності вітроелектростанцією потрібно визначити середню швидкість вітру в необхідному регіоні та його напрям. Початкова швидкість лопастей вітроустановки сягає 2 м/с, а швидкість при якій система працює з максимальною ефективністю сягає 10-13 м/с. Також не мало важливими елементами для отримання необхідної потужності електроенергії від вітроелектростанції є діаметр гвинта та швидкість вітру.

В основному для забезпечення необхідної потужності споживача вітроелектростанціями будують декілька вітроелектроустановок.

Швидкість вітру – найголовніший елемент який впливає на прогнозовану кількість виробленої потужності вітроелектроустановкою. В залежності від місцевих умов швидкість вітру може бути досить різною. Так наприклад зранку коли сонячне проміння нагріває поверхню землі швидше чим поверхню води, вітер дує у напрямі суші. І навпаки вечором коли земля починає остивати набагато швидше аніж вода, напрям вітру змінюється від суші в напрямку водоймищ, морів та океанів.

#### *Використання сонячної енергії суб'єктами альтернативної енергетики:*

Сонячна енергія є перш за все екологічно чистою тому як на протязі мільярдів років вона потрапляє до нас на Землю і всі процеси що проходять на планеті з нею звиклись. Ми маємо можливість використати енергію сонця для отримання необхідної енергії тим самим не впливаючи на екологію нашої планети.

Все таки причина повільного розвитку сонячної енергетики є досить таки проста, причина в тому що потік сонячних променів які поступають на поверхню Землі є досить незначним щоб задовільнити всі потреби людства в сфері енергетики. Щоб збільшити виробництво сонячної енергії необхідно збирати її з великої площі за допомогою концентраторів і зберігати в

спеціальних ємнісних батареях. На даний момент це вдається зробити тільки в сфері малої енергетики призначення якої забезпечення теплом та електрикою житлових будинків та малих підприємств.

Відповідно до [1] в сфері сонячної енергетики існують два основних способи отримання енергії:

- *Фотоелектричний;*
- *Фототермічний;*

Для першого способу *фотоелектричного* основними компонентами є сонячні панелі (також їх назва сонячні модулі), які бувають різних розмірів та типів. Найпоширенішими є кремені фотоелектричні модулі (потужністю від 40-160 Вт при великій кількості потрапляння сонячних променів). В основному такий сонячний модуль має наступні розміри від 0,4 до 1,6 м<sup>2</sup>. Але в асортименті існують різні типи розмірів сонячних панелі які доступні в продажі. Крім цього сонячні батареї мають змогу об'єднуватись в єдину систему для отримання більшої потужності. Як для прикладу дві сонячні панелі які з'єднанні між собою потужністю 50Вт, еквівалентні одній сонячній панелі потужністю 100Вт.

Сонячні батареї були випробувані в польових умовах на різних установках. В основному після завершення випробувань було зазначено що термін експлуатації сонячних батарей більше чим 20 років. Фотоелектричні станції які використовувалися в південній Європі на протязі 25 років показали несуттєве зменшення потужності модулів приблизно на 10%.

Виходячи із проведених дослідів можна зробити висновки що реальний термін використання сонячних монокристалічних модулів 30 і більше років. В свою чергу полікристалічні модулі в основному працюють біля 20 років і більше. На ринку фотоелектричних модулів біля 90% використовуються саме кристалічні кремені модулі.

Якщо розглядати інші фотоелектричні системи то в основному термін використання силової електроніки від 5 до 20 років, а акумуляторних батарей від 2 до 15 років.

При використанні іншого способу отримання сонячної енергії *фототермічного*, в якому основною складовою є вода як елемент теплоносія, яка нагрівається (в колекторі – що є системою світлопоглинаючих труб) до високої температури і потім в свою чергу використовується для опалення будинків та окремих приміщень. Основний елемент системи є колектор, який встановлюють на покрівлях будинків таким чином, щоб його освітлення на протязі всього дня була найбільшою.

Деяку кількість теплової енергії в свою чергу можна акумулювати короткостроково (якщо на декілька днів) – тепловими акумуляторами, якщо довгостроково (наприклад в зимній період) – хімічними акумуляторами.

Сонячний колектор найпоширенішої конструкції площею  $1\text{м}^2$  в ясну погоду за терміном протягом одного дня може нагріти 55-70л води до температури 80-90°C.

### *Використання енергії рік*

В середині XIX століття в гідроенергетиці використовували водяні колеса, які перетворювали рух води в механічну енергію обертаючого валу. Але коли наступив золотий вік в електроенергетиці використання водяного колеса відбувалось в дещо змінному типі, а саме в вигляді водяної турбіни. Таким чином потоки води обертали турбіни які виробляли електроенергію в електрогенераторі.

На даний момент вся енергія отримана з галузі гідроенергетики перетворюється на електроенергію.

Переваги в використанні гідроенергії досить значні та прості:

- легкість у використанні;
- відсутність впливу негативними речовинами на навколишнє середовище;



- постійний процес самовідновлення енергії.

Але все таки людству служить лиш невелика кількість енергії яку необхідно та можливо використовувати. Кожного року в результаті дощів та таїння снігу відбувається накопичення великої кількості маси води яку можна використовувати в якості отримання енергії.

Якщо побудувати необхідні греблі для використання такої кількості маси води то людство у свою чергу могло би отримати величезну кількість енергії.

Сам по собі принцип роботи ГЕС досить простий. Побудовані гідротехнічні споруди забезпечують необхідний тиск водою для обертання лопастей гідротурбіни та перетворення енергії в електроенергію за допомогою генератора.

Для створення необхідного тиску води, будуються греблі та необхідні споруди щоб забезпечити ціле направлений потік води в необхідному місті. В приміщенні гідроелектростанції встановлюються всі необхідні компоненти системи. Кожна система має свій відділ в залежності від призначення. В приміщенні машинного залу встановлюються необхідні агрегати для перетворення енергії води в електроенергію. Також в приміщеннях гідроелектростанцій встановлюються різні необхідні установки системи, компоненти з управління та контролю над роботою гідроелектростанцій, розподільчі пристрої, трансформаторні підстанції та інші головні компоненти.

Щодо діяльності гідроелектростанції то кінетичну енергію, яка падає з висоти використовують для перетворення (виробництва) електроенергії. Турбіна та генератор в свою чергу перетворюють енергію води в електроенергію. Турбіну та генератор в основному встановлюють біля греблі, або як частину її конструкції. Також за необхідністю влаштовують трубопровід для того щоб підвести воду, яка знаходиться під тиском нижче рівня греблі.

Потужність гідроелектростанції залежить від двох основних компонентів [1]:

1. Кількості води, що перетікає для перетворення енергії зазначається в  $\text{м}^3/\text{с}$ .
2. Напору води, що визначається як різниця висоти між початковою та кінцевою точкою її падіння.

*Використання енергії біомаси суб'єктами альтернативної енергетики:*

Біомасою – називають органічні речовини які зберегли в собі сонячну енергію завдяки процесу фотосинтезу.

Основними джерелами енергії із біомаси є наземна і водна рослинність, муніципальні відходи та відходи тваринництва, сільської та лісозаготівельної промисловості. Дані джерела енергії утворюються в наслідок процесу роботи харчового ланцюга.

Джерела енергії біомаси здатні легко відновлювати свої енергетичні потенціали низькою ціною та невеликими викидами речовин із збільшенням в атмосферному повітрі  $\text{CO}_2$ . До недоліків даних джерел також можна віднести неекономічність транспортування на великі відстані та утворенням шлаків та нагару на механізмах внаслідок спалювання.

При згоранні біомаси, для отримання енергії, звільняється накоплений вуглекислий газ та енергія. Сьогодні даний вид отримання енергії займає друге місце після гідроенергії серед альтернативних джерел енергії через свою низьку ціну та доступності. Енергія отримана внаслідок спалювання біомаси займає 15% від загальної кількості світового постачання та до 35% в країнах які розвиваються.

Використовуються різні методи для перетворення біомаси в рідкі, тверді, або газоподібні джерела енергії. Частіше всього використовують декілька способів для перетворення біомаси в енергію.

Як для прикладу біомаса може бути спалена в установці для отримання тепла після чого піддатись процесу бродіння в анаеробном реакторі, щоб отримати газ, а після в електроенергію и тепло.

Найпростішим способом для отримання енергії із сухої біомаси є спалювання в повітрі. Теплота реакції біомаси складає від 16 до 24 ГДж/т абсолютно сухої речовини. Коли недостатня кількість наявного кисню для повного окиснення горючого матеріалу то відбувається утворення вуглецю, оксиду вуглецю та інших газів, а сама теплота реакції в даних випадках знижується.

Присутність у біомасі води не знижує кінцевого термодинамічного виходу тепла, але практична реакції зменшується при необхідності нагріву води і її випаровуванні при температурі спалювання. Коли в біомасі наявна кількість води більше 30% то вона не дає можливості прямого спалювання із за цього речовини завжди висушують перед застосуванням чи добавляють необхідну кількість палива.

Вода знижує температуру і швидкість спалювання біомаси. Але при використанні спеціальних печей з псевдо зрідженим шаром матеріалу є можливість спалювання речовин з вмістом води до 55%.

В печах прямого нагрівання і парових котлах повне використання тепла складає всього 85%, але багато установок як показує практика є набагато менш ефективним.

Біомаса в багатьох випадках використовується як паливо коли вона представляє собою продукт відходу від більш цінних речовин. Два біологічні види палива вже прийняли своє широке використання в промисловості і методи їх спалювання є досить вигідними [1,2]:

- спалювання соломи в сільському господарстві;
- відходи деревини в деревооброблювальному господарстві.

Спеціальні печі для спалювання соломи та отримання в результаті енергії виробляють в Данії в широкому масштабі. Але після закупки

Великобританією в 70-х роках великої кількості даних печей інтерес до них впав і по даним які маємо в наш час їх використання сягає менше 50%.

В дерево оброблювальній промисловості загальні відходи можуть становити до 50% від маси сировини. Вміст вологи в відходах може складати 30-50%. Парові установки які використовують дані відходи можуть спалювати речовину в загальній кількості до 250т/ч. Може спалюватися як і волога (30%) так і суха деревина. При нормально встановлених параметрах ефективність спалювання може бути досить високою як при спалюванні інших видів твердого палива.

Також спалювання широко використовується з ціллю утилізації міських та промислових відходів. Але самою найпершою проблемою при використанні енергії біомаси в при міських районах є зменшення впливу на екологічний стан довкілля, а для деяких відходів спалювання є єдиним шляхом їх утилізації.

## **1.2 Аналіз нормативних документів обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики.**

*Закон України «Про альтернативні джерела енергії», зі змінами та доповненнями [6].* Завдання державної політики у сфері, що стосується суб'єктів альтернативних джерел енергії визначаються ст.3, а саме:

1. Збільшення обсягів виробництва енергії з альтернативних джерел для економного та раціонального витрачання та використання традиційних видів джерел енергії і зменшення залежності країни від імпорту енергетичних ресурсів;
2. Зменшення негативного впливу на екологію навколишнього середовища шляхом створення та використання більшої кількості суб'єктів альтернативної енергії;
3. Безпека життя та здоров'я людини на суб'єктах альтернативної енергії;

4. Науково-технічний розвиток даного виду енергетики, розповсюдження та впровадження новітніх технологій в даному напрямку, підготовка спеціалістів альтернативної енергетики;

5. Дотримання законодавства суб'єктами альтернативної енергетики;

6. Економне та раціональне споживання енергії виробленої суб'єктами альтернативної енергетики;

7. Використання та залучення до інвестицій у сфері альтернативної енергетики України, а також впровадження загальнодержавних та місцевих програм розвитку даного виду енергетики.

II Розділ Закону України вказує на управління та регулювання у сфері альтернативних джерел енергії державою.

Державне управління зазначено в ст.4:

1. Розроблення та впровадження державних, галузевих та місцевих програм науково-технічного розвитку в галузі альтернативної енергетики, фінансово-економічного супроводження та контроль за їх виконанням.

2. Розроблення та затвердження нормативно правових актів, стандартів, норм та правил, а також методичних документів з питань експлуатації установок суб'єктами альтернативних джерел енергії.

3. Впровадження галузевих та місцевих програм на основі загальнодержавних у сфері альтернативної енергетики.

4. Контроль за дотриманням вимог законодавства та загальнодержавних програм у сфері альтернативної енергетики.

Організаційне забезпечення діяльності суб'єктів альтернативної енергетики зазначено ст.6 II Розділу Закону, а саме:

1. Організація і ведення бази даних щодо ресурсів альтернативних джерел енергії;

2. Визначення основних джерел альтернативної енергетики і створення фінансових умов для їх розвитку та фінансування;

3. Відповідність генеруючих об'єктів альтернативної енергетики об'єктам загального використання;

4. Підключення до зовнішніх електричних мереж енергопостачальних компаній об'єктів альтернативної енергетики.

Стимулювання вироблення електроенергії об'єктами з альтернативними джерелами енергії зазначено в ст. 9:

«Зелений тариф» - визначається Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг на електроенергію, яка в свою чергу вироблена на об'єктах альтернативної енергетики.

*Постанова НКРЕ №472 від 04.04.2017р. «Про затвердження порядку комерційного обліку електричної енергії виробленої на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії» [7].* Відповідно І розділу «Загальних положень», п.1, даний порядок вказує на певні особливості здійснення комерційного обліку перетікань електричної енергії виробленої на об'єктах електроенергетики з альтернативними джерелами енергії, а також на введені чергах при будівництві електростанцій, або інших установках що використовують альтернативні джерела енергії.

В п.2 зазначається на кого поширюється даний порядок, а саме на суб'єктів господарювання які виробляють електричну енергію, а також на введені в експлуатацію чергах будівництва електростанцій, або інших установках, що використовують альтернативні джерела енергії, електропередавальні та постачальні організації та на інших сторін які задіяні в організації та формуванні необхідних даних комерційного обліку.

В п.3 Порядку вказано, що сальдо перетікання електричної енергії є різницею між загальними обсягами, які надійшли в електричні мережі об'єкта з електричних мереж енергопостачальника та спожитої (відпущеної) електричної енергії технологічними установками об'єкта за встановлений

розрахунковий період по показникам лічильників встановлених в точках комерційного обліку на межі балансової належності.

Витрати електричної енергії на власні потреби об'єкта альтернативної енергетики – є всі необхідні витрати електричної енергії на потреби закінченого будівництва відповідно до декларації про готовність.

Розділ II вказує на «Загальні вимоги» щодо здійснення комерційного обліку електричної енергії виробленої на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії, а саме:

1. Виробник повинен забезпечити погодинний комерційний облік електричної енергії на об'єкті за даними отриманими з лічильників та автоматизованих систем, згідно ЗУ «Про електроенергетику» та Інструкції про порядок обліку електричної енергії з врахуванням даного Порядку.

2. Об'єкти, які введені в експлуатацію, або черги будівництва електричних станцій, установки, для яких передбачено застосування різних коефіцієнтів *«зеленого тарифу»*, повинні забезпечуватися *окремим* комерційним обліком перетікань електричної енергії.

3. Всі точки технологічних електричних мереж які приєднані до зовнішніх електричних мереж на межі балансової належності та інші електроустановки власних потреб об'єкта, що з'єднанні до зовнішніх електричних мереж і не мають з'єднання з електричними мережами об'єкта, повинні забезпечуватися окремими комерційними обліками електричної енергії. Зазначені точки комерційного обліку електричної енергії повинні бути включені до переліку ринкових точок обліку Виробника - суб'єкта оптового ринку електричної енергії та переліку точок обліку в договорі постачання електричної енергії який укладається між електропостачальником та Виробником.

4. Всі вимірювання перетікань електричної енергії повинні здійснюватися на межі балансової належності із врахуванням технологічних витрат електричної енергії.

5. Устаткування призначені для вимірювання електричної енергії комерційного обліку повинні відповідати вимогам Інструкції про порядок комерційного обліку електричної енергії.

6. Лічильники комерційного обліку повинні забезпечувати вимірювання як активної так і реактивної енергії з 30-ти хв. періодом інтеграції, або на початку та в кінці розрахункових періодів. При цьому повинні бути зафіксовані всі результати вимірювання і відображені лічильником.

7. Місця встановлення точок комерційного обліку електричної енергії та місця встановлення лічильників повинні бути визначені проектними рішеннями.

8. При будівництві кожної наступної черги будівництва електростанції після першої, можливе приєднання наступних черг будівництва до існуючих мереж, якщо зазначене технічне рішення є можливим.

9. Якщо при будівництві кожної наступної черги будівництва електростанції після першої, технічно не можливо здійснити приєднання до існуючих електричних мереж то приєднання кожної черги, пускового комплексу при застосуванні окремого «зеленого» тарифу, здійснюється шляхом приєднання до мереж електропередавальної організації згідно встановленим вимогам.

Розділ III Порядку визначає обсяги відпуску (продажу) та споживання (купівлі) електричної енергії:

1. Обсяги відпуску (продажу) електричної енергії від виробника та споживання (купівлі) електричної енергії, що надійшла від мереж постачальника, повинна визначатися для кожного окремого об'єкту.

2. При влаштуванні окремих електроустановок на власні потреби електростанції, якою передбачено електропостачання декількох пускових комплексів (черг) то в даному випадку обсяги спожитої електроенергії установками власних потреб повинні розподілятися між зазначеними



пусковими комплексами (чергами), пропорційно обсягам виробленої відповідними комплексами, або електроустановками.

3. Оброблення, збір та передача даних інформації з приладів комерційних обліків по спожитій електричній енергії в оптовому ринку електроенергії повинно здійснюватись згідно до Тимчасового порядку підготовки та передачі даних АСКОВЕ суб'єктами оптового ринку для розрахунків обсягів купівлі продажу електроенергії.

4. В відповідному розрахунковому періоді обсяг відпуску електричної енергії в оптовому ринку електроенергії визначається з вирахуванням обсягу споживання електроенергії відповідних об'єктів.

5. В розрахунковому періоді обсяг відпуску електроенергії в оптовому ринку електроенергії і обсяг купівлі електроенергії Виробником в енергопостачальника, що надійшла на власні потреби об'єкта із зовнішніх мереж визначаються відповідно до показників лічильників комерційного обліку. Сальдо перетікання електроенергії визначається на межі об'єкта (балансової належності) за розрахунковий період.

5.1 Коли сальдо перетікання електроенергії має від'ємне значення тоді обсяги відпущеної електроенергії в оптовий ринок електроенергії з об'єкта за певний розрахунковий період дорівнює значенню сальдо перетікання електроенергії, а обсяг купівлі електроенергії Виробником в енергопостачальника дорівнює нулю. *(тобто при надмірному виробленню електричної енергії Виробником, електроенергія спочатку повинна споживатися власними потребами об'єкта, а залишок продаватися в оптовий ринок електроенергії).*

5.2 Також якщо сальдо перетікання електроенергії має додатне значення тоді обсяги відпущеної електроенергії в оптовий ринок електроенергії з об'єкта за певний розрахунковий період дорівнює нулю, а обсяг купівлі електроенергії Виробником в енергопостачальника дорівнює рівним значенню сальдо перетікання електричної енергії.

*Національна комісія з питань регулювання електроенергетики України «Договір між членами оптового ринку електроенергії України» від 15 листопада 1996 року. Додаток 10 до договору «Інструкція про порядок комерційного обліку електроенергії» (далі – Інструкція) [8].* Першочерговою метою використання систем обліку електроенергії є отримання необхідної та точної інформації щодо виробництва, відпуску, постачання, передачі та споживання електроенергії та встановленої потужності в об'єднаному ринку електроенергії для наступних цілей:

1. Для розрахунків за перетікання електричної енергії та потужності в системі об'єднаного ринку електроенергії;
2. Встановлення ціни і собівартості (попиту та пропозиції) за виробництво, передачі та споживання електроенергії;
3. Складання балансу перетікання електричної енергії;
4. Організація та керування основними режимами виробництва, відпуску, передачі, постачання та споживання електричної енергії;

*Загальні вимоги:*

Організація комерційного обліку активної (реактивної) електроенергії в точці приєднання до електричних мереж об'єкта здійснюється власниками електроустановок на межі балансової належності.

Для здійснення комерційного обліку електричної енергії повинні використовуватися засоби вимірювання перетікання електричної енергії в точках, що знаходяться ближче до межі балансової належності.

Відповідальним за засоби вимірювальних устаткувань та техніки, а також за процес та правильність вимірювання перетікань електроенергії в точках приєднання електричної енергії комерційного обліку є власник електроустановки в зазначеній точці обліку.

АСКОЕ – повинні відповідати вимогам основним нормативним документів щодо здійснення обліків електричної енергії.

В кожній точці комерційного обліку електричної енергії з напругою приєднання 110кВ та вище для здійснення верифікації встановлюються два лічильника, а саме основний та дублюючий з однаковим класом точності, технічними та експлуатаційними вимогами.

Якщо в точці обліку електроенергії перетікання можливе в двох напрямках тоді повинно бути забезпечення роздільного обліку активної (реактивної) електроенергії в двонаправленому напрямку (*двонаправлений облік*).

При наявності автоматизованих вимірювальних комплексів, що є елементами АСКОЕ суміжних суб'єктів і мають обладнання з однаковим класом точності і результати даних комерційного обліку можна привести один до одного тоді за погодженням сторін не вимагається встановлення дублюючих лічильників.

Кількість відпущеної та спожитої електроенергії за встановлений період (місяць) між сторонами Договору підтверджуються двосторонніми Актами та надаються підприємствам енергопостачальної компанії в установленний термін згідно вимог Інструкції.

Планові заміни та перевірки лічильників (комерційного) обліку виконуються відповідно до встановленого графіку. Вторинні ланцюги обліку електроенергії повинні відповідати встановленим нормативним документам та перевірятись не менше одного разу на три роки.

Відповідальність за збереження лічильників, пломб, пристроїв обліку несе власник об'єкту на якому вони встановлюються.

Надається можливість встановлення на об'єкті власника складових АСКОЕ, що належать суміжному об'єкту. Обладнання повинно відповідати основним вимогам діючих нормативних документів. В даному випадку експлуатація складового обладнання регулюється відповідним договором.

Мають використовуватись комерційні обліки та АСКОЕ об'єкту для розрахунків за перетікання електричної енергії та відповідати вимогам

нормативних документів. Інформацію з суміжних засобів обліку можна використовувати для технічного (балансового) обліку та перевірки достовірності інформації отриманої з лічильників комерційного обліку.

У випадках коли встановлене на об'єктах власника обладнання (складові) АСКОВЕ суміжного об'єкта і вони не відповідають технічним вимогам діючих нормативних документів та порушують сам процес збору та обробки даних тоді в даному випадку власник має право звернутись до суміжного об'єкта щодо приведення обладнання до вимог нормативних документів у встановлений власником термін. У разі незгоди суміжного об'єкта з власником тоді дане питання за зверненням вирішується Головним оператором.

*Основні вимоги щодо обліку перетікання електричної енергії на електростанціях:*

Облік перетікання електроенергії на електростанціях встановлюється для визначення обсягів виробітку, споживання на власні потреби та відпуск електроенергії кожним блоком та електростанцією в загальному значенні.

На електростанціях розрахункові лічильники встановлюються:

1. На трансформаторах власних потреб;
2. При приєднанні споживачів до живлячих мереж електростанції;
3. На трансформатори зв'язку для вираховування транзиту;
4. Для генераторів блоків електростанцій;
5. Для всіх ліній напруги, що відходять від електростанцій відповідно акту розмежування балансової належності та експлуатаційної відповідальності сторін;
6. Для сонячної батареї чи групам зазначених установок, генераторів, вітрових електростанцій та інших електростанцій в основі використання джерел енергії яких є альтернативні джерела енергії.

Потрібно встановлювати лічильники технічного обліку електроенергії на електростанціях:

1. Для ТВП (трансформаторів власних потреб);
2. Для тиристорних та робочих збуджувачах;
3. На генератори та їх групи коли не передбачається встановлення на них комерційного обліку;
4. Для автотрансформаторів зв'язку, коли для них не передбачається встановлення комерційного обліку.

На електростанції повинен призначатися відповідальний за технічний стан та експлуатацію засобів обліку.

Складові балансу електроенергії електростанції за винятком втрат в трансформаторах визначаються вимірюваннями розрахункових лічильників та лічильниками балансового (технічного) обліку.

Щомісячно повинен складатися баланс перетікання електроенергії та контроль за технічним станом вимірювальних засобів та складений відповідний акт щодо вироблення та споживання електричної енергії з врахуванням точок встановлення комерційних обліків електроенергії.

Акт виробітку відпуску електроенергії на електростанціях складається та підписується комісійно працівниками електростанції. До складу комісії повинні входити представник оператора та члени комісії (зацікавлені сторони). Акт складається в трьох примірниках.

Якщо наявний транзит електричної енергії мережами електростанцій тоді втрати при транзиті повинні розподілятися між всіма суб'єктами, що здійснюють дане перетікання електроенергії.

При складанні щомісячного балансу електроенергії для контролю точності вимірювання перетікання електричної енергії засобами обліку визначають фактичний баланс електроенергії. Фактичний баланс розраховується для кожного рівня напруги ВРП, а також в загальному значенні по об'єкту.

Всі вимірювальні комплекси електростанцій потрібно включати в АСКОВ, яка у встановленому правилами ринку та нормативними

документами повинна забезпечити необхідний збір, оброблення, зберігання та передавання даних комерційного обліку електроенергії.

*Метою обліку реактивної електричної енергії є:*

1. Контроль за фактичним споживанням електричної енергії та видачою потужності споживачам;
2. Контроль за реактивною потужністю, що перетікає по електричних мережах;
3. Облік споживання та видачі реактивної потужності генераторами та іншим устаткуванням;
4. Аналіз та отримання достовірної інформації про реактивну потужність, яка генерується чи споживається компенсуючим устаткуванням;
5. Для здійснення комерційної діяльності за генерацію та споживання реактивної потужності;
6. Контроль та оптимізація реактивної потужності в мережі та вибору компенсуючих пристроїв (режиму роботи компенсуючих пристроїв та місця встановлення);
7. Аналіз режимів втрат потужності в електричних мережах;

Облік реактивної енергії слід здійснювати двонаправленими лічильниками (прийому та віддачі електроенергії) на статистичних конденсаторах, генераторах працюючих в режимах синхронних генераторів;

*Автоматизація обліку електричної енергії.*

Об'єкти господарювання повинні впроваджувати АСКОВЕ згідно Інструкції і інших нормативних документів з метою:

1. Точність передавання інформації з приладів обліку електроенергії за рахунок автоматизації процесів передавання;
2. Погодинний облік споживання, вироблення, передавання електроенергії членами об'єднаного ринку електроенергії України;

3. Достовірність даних щодо обліку спожитої електричної енергії за допомогою верифікації даних та складання балансу електроенергії на електростанціях;

4. Зниження втрат електроенергії;

5. Збільшення швидкості передачі, комфорту та оброблення інформації;

6. Контроль за виконанням графіка навантаження кожного блоку електростанцій;

7. Проведення розрахунків за електроенергію;

Після повного встановлення АСКОЕ та закінчення монтування всіх необхідних компонентів, функціонування системи в цілому повинно пройти дослідну експлуатацію з терміном перевірки не менше одного кварталу та протягом якого необхідно усунути виявлені недоліки після чого в порядку необхідності провести метрологічну атестацію окремих складових устаткувань АСКОЕ. Повна перевірка на правильність функціонування системи АСКОЕ відбувається при її введення в експлуатацію та проведенні приймальних випробувань з оформленням відповідного акту.

Допускається поетапне введення в експлуатацію систем АСКОЕ з можливістю тимчасової роботи окремих її елементів.

Експлуатацію ремонт та обслуговування АСКОЕ здійснює Оператор на якого зареєстрована дана система.

Під час виконання робіт у системах вимірювальної техніки, трансформаторів струму, напруги та приладів обліку в результаті чого може бути порушено функціонування системи комерційного обліку, або внесені похибки то в даному випадку слід дотримуватися необхідного порядку їх виконання відповідно до затверджених правил.

При завершенні облікової доби Оператор повинен:

1. Організовувати збір даних та занесення до бази облікової інформації від лічильників, які включені в АСКОЕ;

2. Формувати за встановленою формою дані перетікання електроенергії та передавати їх до головного Оператора;
3. Узгоджувати дані по встановленим точкам обліків об'єднаного ринку електроенергії України;
4. Провести перевірку достовірності та повноти даних отриманої з облікових лічильників;

*Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, «Визначення технологічних втрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання», №532 від 22.09.2011р. [9].* Основне призначення методики є визначення втрат електричної енергії на різних елементах мережі, трансформаторах, лініях передач. Дану інформацію про втрати в устаткуваннях електричної мережі враховують при фінансових розрахунках між енергопостачальними організаціями та споживачами електроенергії для складання балансів перетікання електроенергії.

Втрати електричної енергії в мережі чи її елементах визначають як різницю показників лічильників встановлених на вводі та виході електричної мережі в встановлений термін по результатам вимірювань.

При визначенні втрат електроенергії в мережі чи її елементах необхідно також зазначати перетікання як активної так і реактивної електроенергії. Коли встановлені лічильники обліку електроенергії, що не враховують реактивну електроенергію то її перетікання до моменту заміни лічильника обліку активно/реактивної електроенергії слід визначати за Методикою обчислення плати за перетікання реактивної енергії.

Однолінійна розрахункова схема електропостачання ділянки електричної мережі від точки вимірювання до межі балансової належності із необхідними параметрами для розрахунків, а також формули з контрольним розрахунком електричної енергії повинні зазначатися в договорі про постачання електричної мережі, що підписується сторонами договірних відносин.



*Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №476 від 24.07.2017р. «Про затвердження правил улаштування електроустановок» [10].* Головною метою даних правил є підвищення надійності та безпеки роботи комплексу електроустановок. Дані правила визначають будову, принцип дії, улаштування до окремих систем їх елементів, вузлів та комунікацій систем електроустановок. Правила встановлюють вимоги до систем електроустановок зі змінним струмом напругою до 750кВ та постійного струму до 1,5кВ.

Дані правила є обов'язковими для нових проектів будівництва, реконструкції чи переоснащення та капітального ремонту елементів електроустановок та їх комплексів.

Розділ «Автоматизація обліку електричної енергії», п.1.5.44, п.1.5.45 ПУЕ:

Проведення автоматизації обліку перетікання електричної енергії необхідно здійснювати за допомогою автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії АСКОЕ (Локального устаткування збору та обробки даних ЛУЗОД) в залежності на якому рівні необхідно провести автоматизацію.

Робочий проект, щодо проектування систем АСКОЕ (ЛУЗОД) слід виконувати згідно технічного завдання, що розробляють згідно технічних умов електропередавальною організацією та встановлених технічних рекомендацій.

Дані щодо технічних рекомендацій передбачають:

- протокол передачі інформації;
- місця встановлення приладів обліку електроенергії;
- місця встановлення комунікаційного обладнання збору та обробки даних електроенергії;
- програмний та апаратний зв'язок (інтерфейс) між лічильниками обліку;

- параметри для каналів зв'язку, що будуть використовуватися в системі АСКОВ (ЛУЗОВ);
- параметри синхронізації з часом роботи функціонування вимірювальних засобів;
- алгоритм проведення комерційних розрахунків за допомогою устаткування АСКОВ (ЛУЗОВ).
- правила та умови спільного використання даних з приладів збору та обробки інформації;
- перелік даних що необхідно передавати до електропередавальної організації до мереж якої здійснено підключення установок електроенергії.

### **1.3 Дослідження та аналіз автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики.**

Передумови та створення Оптового Ринку Електричної Енергії України, який в свою чергу складається з акціонерних компаній, державних та державноакціонерних компаній, регулюючого органу Національної комісії з питань регулювання електроенергетики України та ДП енергориноку, яке здійснює керівництво оптовим ринком електроенергії, створює передумови щодо почасового обліку електроенергії необхідної для її діяльності.

Через те що вартість електроенергії залежить від чинників що обумовлюють затрати на її виробництво та передачу, періоду попиту, величини заявленої потужності, часу споживання то собівартість електроенергії буває досить різною. Через це перехід до тарифів реального часу надає можливість отримувати відповідну ціну на електроенергію для оптимізації виробництва, постачання і споживання електроенергії.

Відповідно до [11], ефективність роботи системи тарифів реального часу залежить від дотримання таких умов:

1. Автоматизація функціонування системи управління реального часу (функціонування в реальному часі автоматизованої системи комерційного

обліку і контролю виробництва, постачання, споживання електричної енергії).

2. Автоматизація взаємних розрахунків між учасниками енергетичного ринку.

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії на об'єктах вироблення та споживання електричної енергії є ієрархічною системою, яка забезпечую автоматизований облік, збір та передачу даних.

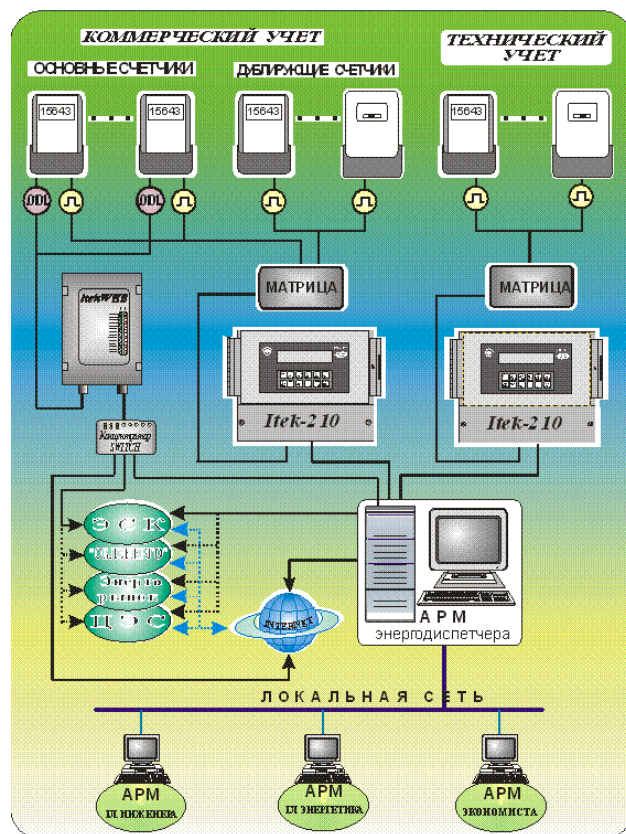


Рисунок 1.1 – Автоматизована система комерційного обліку електроенергії [12];

АСКОЕ містить в собі комплекс алгоритмічних, математичних, програмних та технічних засобів необхідних для [14]:

1. Для визначення кількості та контролю потужності, що споживається в часи максимуму та мінімуму навантаження;
2. Обліку перетікань електроенергії;
3. Збільшення точності обліку;

4. Проведення необхідного контролю за параметрами вимірювальної техніки;

5. Збереження необхідних даних про кількість перетікання електроенергії;

6. Розподілу між споживачами необхідної кількості електроенергії, планування добових графіків роботи на різних рівнях електроспоживання.

Загальні вимоги до АСКОЕ на об'єктах [11]:

Основна мета АСКОЕ на об'єктах є вирішення питань щодо раціонального використання паливно енергетичних ресурсів та підвищення ефективності їх використання шляхом одержання точної та достовірної інформації [14].

Програмні та технічні засоби АСКОЕ забезпечують збирання та оперативну передачу даних по різних каналах зв'язку в залежності від технічних характеристик об'єкта для контролю за виробленням та споживанням електричної енергії та проведення комерційних розрахунків.

При використанні АСКОЕ на рівні об'єкта вироблення чи споживання електричної енергії підсумкова отримана інформація про параметри перетікання електроенергії повинна пройти державну метрологічну атестацію.

Технічні вимоги до АСКОЕ [11]:

1. АСКОЕ за своїми технічними характеристиками повинна забезпечувати:

- обмін інформацією щодо споживання, вироблення та передавання електричної енергії з платіжними системами;

- збір, оброблення та зберігання облікової інформації.

2. АСКОЕ повинна забезпечувати періодичність інтегрування облікової інформації через 15, 30 та 60 хвилин;

3. Забезпечення багатотарифного обліку електроенергії:

- облік для кожної тарифної зони окремо в залежності від зростаючих підсумків для облікових періодів (доба, місяць, квартал);

- в періоді інтегрування для кожної тарифної зони визначення величини максимальної потужності для аналізу та прогнозування щодо споживання електроенергії.

- автоматизоване управління програмуванням тарифних зон та чинних тарифів;

4. Створення бази даних, яка повинна містити:

- інформацію щодо спожиту (вироблену) електричну енергію для кожної тарифної зони;

- інформацію про загальну кількість спожитої (виробленої) електроенергії;

- інформацію про середню та максимальну спожиту (вироблену) потужність відповідно до періоду інтегрування;

- графік навантаження згідно встановленого періоду;

- всю інформацію щодо подій які могли спричинити відключення живлення електромережі, відключень внаслідок перенавантаження електромережі, дії щодо втручання в закритий доступ даних;

- технічні характеристики приладів обліку такі як тип приладів обліку, заводський номер, код споживача, кількість змін даних, константи, інтервал інтегрування, корекція ходу таймера.

5. Система повинна організовувати ведення бази даних щодо виміральної інформації платежів та споживачів електроенергії.

6. В разі відключення системи від основної мережі живлення система повинна забезпечити збереження даних протягом 60 днів та автоматичне відновлення інформації в разі відновлення електропостачання.

7. Протоколи інформації взаємодії лічильників обліків, вимірювальних пристроїв, приладів обліку і устаткуванням збору та обробки даних

необхідно зберігати в розпорядженні відповідальної організації за технічне забезпечення.

8. Необхідно використовувати прилади обліку електроенергії, лічильники обліку, перетворювачі імпульсів та інші технічні засоби вимірювальної техніки АСКОЕ, що занесені до державного реєстру України, або що пройшли державну метрологічну атестацію.

Вимоги до апаратних та програмних засобів устаткування збору даних [11]:

1. Програмні засоби що використовуються необхідно забезпечити сертифікатом за місцем застосування;

2. Апаратні засоби повинні бути підвищеної надійності під керуванням стандартних операційних систем;

3. Устаткування збору даних повинно забезпечувати індикацію необхідних параметрів;

4. Апаратні та програмні засоби устаткування збору даних повинні забезпечувати:

- перевірку правильності проведення верифікації даних відповідно встановлених параметрів якості;

- синхронізацію в часі з устаткуванням обліку встановленого на об'єкті;

- збір та передачу даних з встановленою якістю, відповідного часу та дати;

- практичність в застосуванні функцій конфігурації та налаштувань користувачем;

- індикацію, ідентифікацію та зберігання різних позаштатних ситуацій таких як спроби несанкціонованого доступу, відсутність в зв'язку зі зовнішнім середовищем, переривання живлення, порушення цілісності даних, помилки в роботі;

5. Головним компонентом програмного засобу є інформаційна база даних, що будується на основі стандартної реляційної системи керування.

6. Процес зберігання даних та відновлення з архіву повинні виключати можливість їх зміни, а також забезпечити резервування інформації.

7. Суб'єкти АСКОЕ повинні мати доступ до зафіксованих та необроблених даних тільки для читання.

8. Необхідний термін зберігання даних інформаційної бази визначається згідно нормативних документів із можливістю подальшого забезпечення вирішення спірних питань щодо наявної інформації, проведення необхідних розрахунків та функціонування системи перспективного планування та прогнозування.

Основні вимоги до електронних платіжних засобів для здійснення комерційних розрахунків за перетікання електричної енергії [11]:

1. Як електронний платіжний засіб можна використовувати пластикові картки з електронним модулем (модемом), які відповідатимуть вимогам ДСТУ 3617-97 (ISO 7816), чи інші носії даних.

2. Електронні модулі (модеми GPRS/GSM зв'язку) забезпечують виконання функції обміну інформації між приладами комерційних обліків.

3. Під час обміну інформації між приладами комерційного обліку електроенергії за допомогою електронних модулів (модемів GPRS/GSM зв'язку) необхідно контролювати достовірність та повноту прийнятої інформації, а також забезпечувати безпеку від несанкціонованого доступу до даних.

4. Обсяг загальної незалежної вбудованої пам'яті повинен бути достатнім для збереження необхідної, встановленої для використання інформації, а саме:

- інформацію ідентифікації;
- комерційну інформацію про обсяги перетоку електричної енергії;
- інформацію про здійснення управління системою та пункту даних прийому платежів (субсидії та пільги платника, тарифи).

5. Загальна пам'ять електронних модулів (модемів) повинна бути достатньою для здійснення постійної можливості переносу комерційної інформації в пристрої збору даних.

Основні принципи організації збору та оброблення даних [11]:

1. Основною задачею при зборі та обробці даних є доступність до загального інформаційного простору суб'єктів енергетики. Система збору та обробки даних є результатом роботи інтегрованої мережі збору, оброблення та накопичення інформації про виробництво та споживання електричної енергії. Всі суб'єкти мають вільний доступ до вимірювальної інформації.

2. Мережа яка забезпечує зв'язок між обробкою даними та верхніми рівнями повинна бути багатфункціональною та основною для системи зчитування інформації, систем диспетчеризації та планування. Під час побудови мережі передачі даних також необхідно приділяти увагу дублюванню каналів зв'язку та виділяти найбільш важливі потоки інформації в залежності від рівнів їх зчитування.

3. Для оброблення та передачі інформації з приладів обліку на вищих рівнях устаткування збору даних необхідно використовувати високонадійні вимірювальні засоби з відповідним класом точності, що відповідатимуть стандартам та вимогам технічної документації та будуть надавати змогу для поєднання їх високих експлуатаційних характеристик з можливістю оброблення інформації.

4. Організація відкритих уніфікованих протоколів зв'язку з станціями та підстанціями для повноти відображення інформації щодо передачі та споживання електроенергії на верхніх рівнях устаткувань.

5. Необхідність передачі оперативної статистичної інформації в диспетчерську підсистему з приладів комерційного обліку та верифікація основних показань.



6. Створення підсистеми планування/прогнозування та передача і оброблення інформації щодо вироблення, передавання та споживання електричної енергії

### **Висновки**

1. Розглянуто основні можливі системи генерації електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики, а саме такі як вітрова, сонячна, використання енергії рік та енергії біомаси.
2. Проведено аналіз нормативних документів щодо здійснення обліку електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики. Вказано основні вимоги щодо здійснення комерційного (розрахункового) та технічних обліків електроенергії.
3. Проведено дослідження та аналіз автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії.
4. Зазначено основні вимоги щодо організації та впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії відповідно діючих нормативних документів.

## **2. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.**

### **2.1 Концептуальні положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах енергоринку**

Робота енергетичної галузі в умовах створення енергоринку висуває вимоги до систем обліку та до її рівня автоматизації, точності, надійності та цілісності.

Точність та достовірність отриманої інформації в системі визначається засобами інформаційно-вимірювальної техніки та принципами їх використання.

До основних характерних показників щодо використання інформаційно-вимірювальної техніки відносять точність, достовірність, одночасність.

Точність – якість отриманої інформації з вимірювальних приладів обліку електроенергії;

Достовірність – автоматизація процесу отримання якісної інформації з вимірювальних приладів обліку електроенергії та їх верифікація;

Одночасність – процес синхронності отримання інформація вимірювальними приладами обліку електроенергії в точках обліку.

Основною метою вдосконалення системи обліку електричної енергії також вважають саме отримання достовірного балансу виробництва, передачі, розподілу і споживання електричної енергії в межах держави, а також показників якості електричної енергії, що споживається споживачами [11].

Але для можливості цілісно виконувати функцію управління режимами енергопостачання із заданими вище характеристиками потрібно також впроваджувати заходи впливу на споживачів електричної енергії при порушенні договору про постачання (користування) електричною енергією.

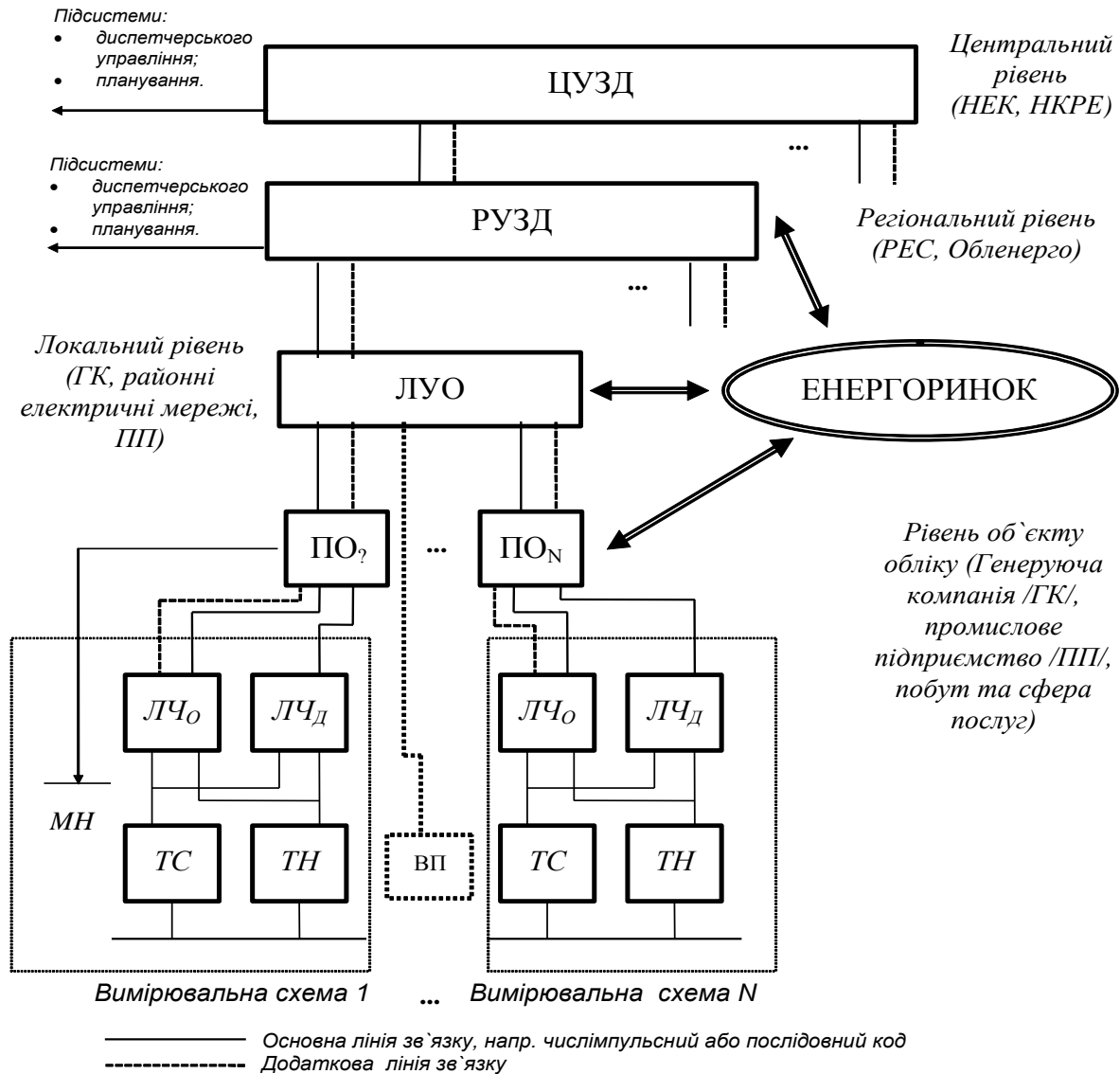


Рисунок 2.1 Структурна схема багаторівневої системи обліку [11].

Структура вимірювального комплексу у складі ТС, ТН, ЛЧ і ПО є рекомендованою як типова для застосування в точках обліку, що відносяться до оптового та роздрібного ринку електричної енергії.

Сама система комерційного обліку електроенергії – комплексна система, що відображає дані лічильників обліку електроенергії в реальному часі та здійснює автоматизовану обробку даних для оперативного інформування суб'єктів енергетичного ринку про перетікання електроенергії.

Для зазначення точності вимірювання електроенергії системами обліку необхідно визначати похибки вимірювання точок обліку на різних рівнях та похибки оброблення інформації, а також синхронність вимірювання.

Похибки вимірювання на різних відомих рівнях системи обліку повинні бути узгодженні відповідними формулами та відносно відомої спожитої потужності.

Табл. 2.1 Допустимі похибки вимірювань при заданій потужності [11].

Номер рівня системи обліку	Потужності об'єктів, контролю, МВА	Допустима похибка вимірювань, %
1	$S \geq 1000$	0.3 (0.7 <sup>**</sup> )
2	$300 \leq S < 1000$	0.4 (0.7 <sup>**</sup> )
3	$100 \leq S < 300$	0.7
4	$50 \leq S < 100$	1.2
5	$10 \leq S < 50$	1.8
6	$3 \leq S < 10$	2.5
7	$0,75 \leq S < 3$	4.6
8	$S < 0.75$	7.3; 3.2 <sup>***</sup>

Примітка до Табл. 2.1:

\* для оптового ринку рівень - 3, для роздрібного - рівень 7.

\*\* вказані значення приймаються при перехідному періоді формування системи обліку.

\*\*\* для прямого ввімкнення лічильників.

Для того щоб підвищити точність системи обліку електричної енергії необхідно відповідно до даних отриманих за відповідними формулами здійснювати підвищення точності на всіх рівнях системи [11].

Під час застосування заходів із підвищення точності вимірювання системи обліку електроенергії необхідно використовувати спеціальну програму яка враховує вже існуючу точність вимірювання системи, пропорційну залежність між точностями вимірювання на всіх рівнях системи

визначеними згідно даних отриманих відповідно до встановлених формул, економічні та інші фактори.

При використанні точок обліку з різними рівнями систем обліку необхідно враховувати розрахунки по допустимих похибках вимірювань, а не клас точності засобів вимірювальної техніки, який застосовують при першочерговому підключенню до мережі однієї точки обліку.

Даний спосіб дасть можливість для отримання більш точного та якісного значення похибки вимірювальних систем відповідно до вимог допустимих значень похибки в точках обліку та дасть змогу розширити можливість для використання засобів обліку для комплектації систем.

Під час комплектування вимірювальної системи, що містить в своїй компоновці трансформатори струму, трансформатори напруги та лічильники обліку, потрібно дотримуватися кращої технічної та економічної доцільності використання засобів обліку, а саме коли похибки устаткування рівні один одному, або близькі за значенням та при цьому збільшити точність одного із засобів вимірювальної техніки, то в результаті збільшення точність всієї системи в цілому не відбудеться. Для прикладу якщо збільшити точність лічильника в 2,5 рази, а похибка в трансформаторах струму, напруги та засобі обліку буде дорівнювати однаковому значенню тоді зниження похибки в системі в цілому відбудеться лише в 1,2 рази [11].

## 2.2 Типові схеми розташування точок вимірювання та точок розподілу електроенергії

### 2.2.1 «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів:

#### 2.2.1.1 Одна точка розподілу на одній площадці вимірювання споживача:

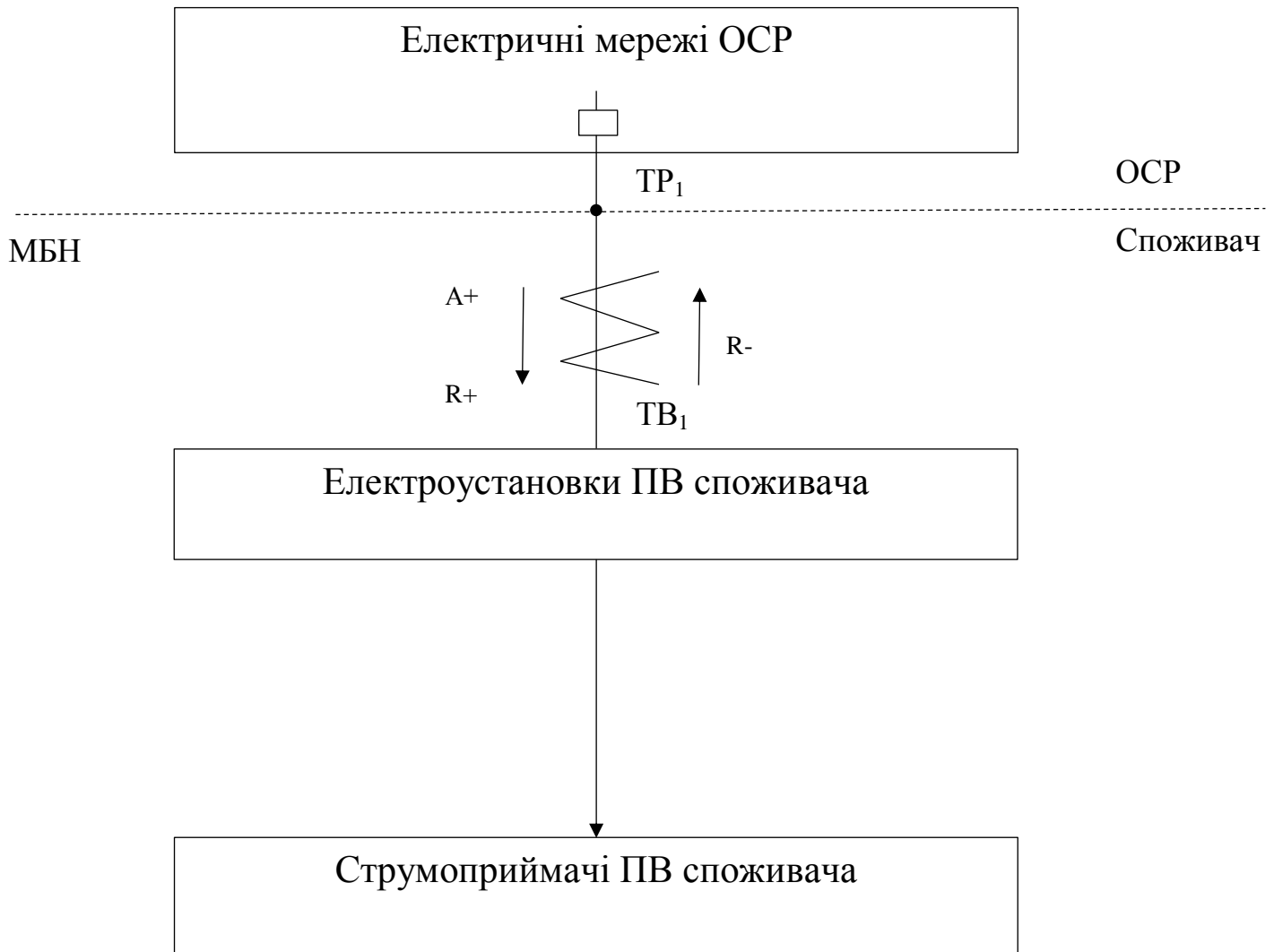


Рисунок 2.2 ТВ розташовані на МБН.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $ТР_1$  – точка розподілу №1;  $ТВ_1$  – точка вимірювання №1; ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності і точка вимірювання співпадають.

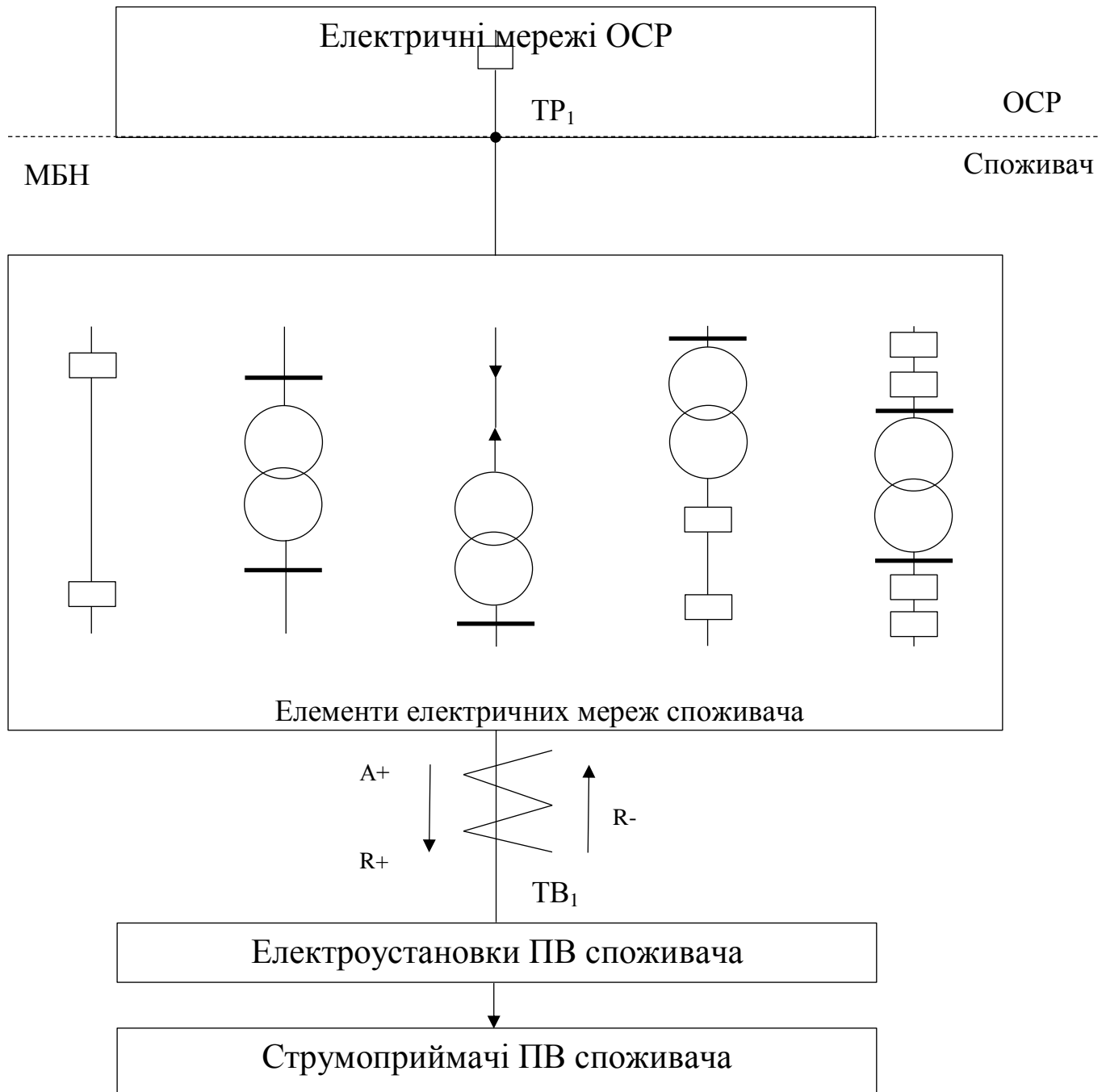


Рисунок 2.3 ТВ розташовані нижче МБН на стороні Споживачів.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $TP_1$  – точка розподілу №1;  $TB_1$  – точка вимірювання №1; ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності співпадають, а точка вимірювання знаходиться нижче.

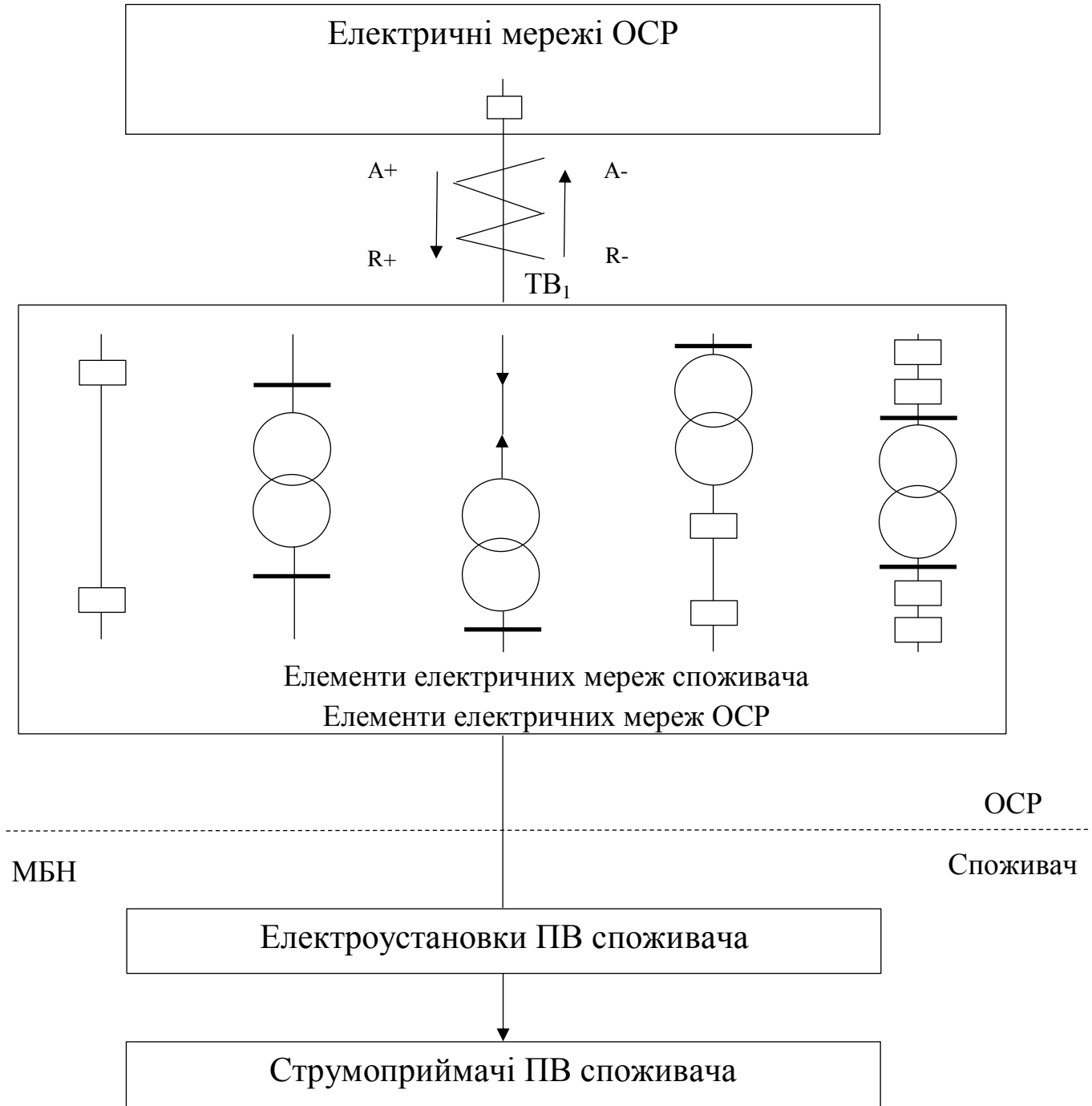


Рисунок 2.4 ТВ розташовані вище МБН на стороні ОСР.

В цій схемі:

ОСР – об’єднана система розподілу; ТВ<sub>1</sub> – точка вимірювання №1;  
ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності  
співпадають, а точка вимірювання знаходиться вище.



### 2.2.1.2 Декілька точок розподілу на одній площадці вимірювання споживача:

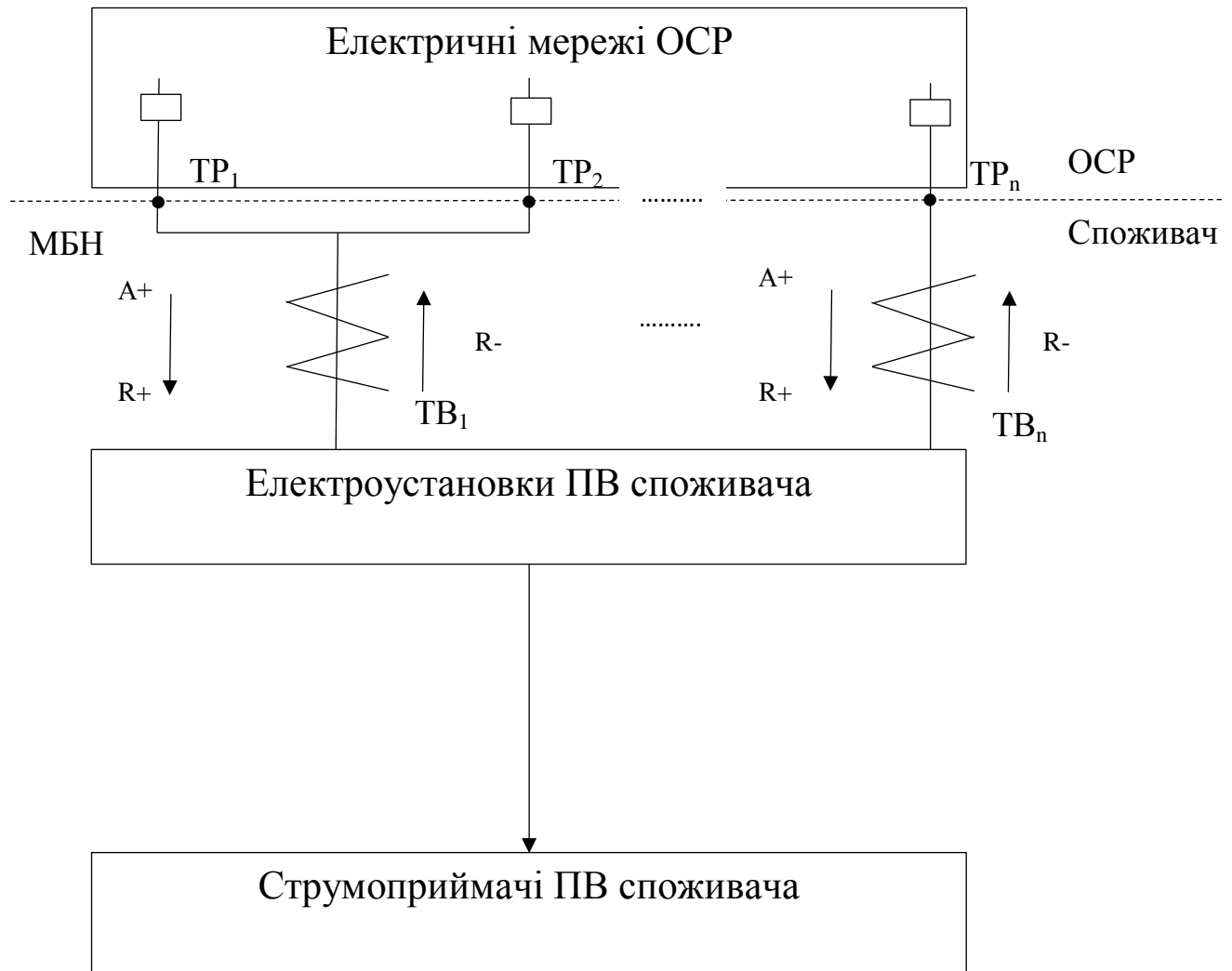


Рисунок 2.5 ТВ розташовані на МБН.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $TP_1$  – точка розподілу №1;  $TP_{2...(n)}$  – точка розподілу №2...(n);  $TB_{1...(n)}$  – точка вимірювання №1...(n); ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності і точки вимірювання співпадають.

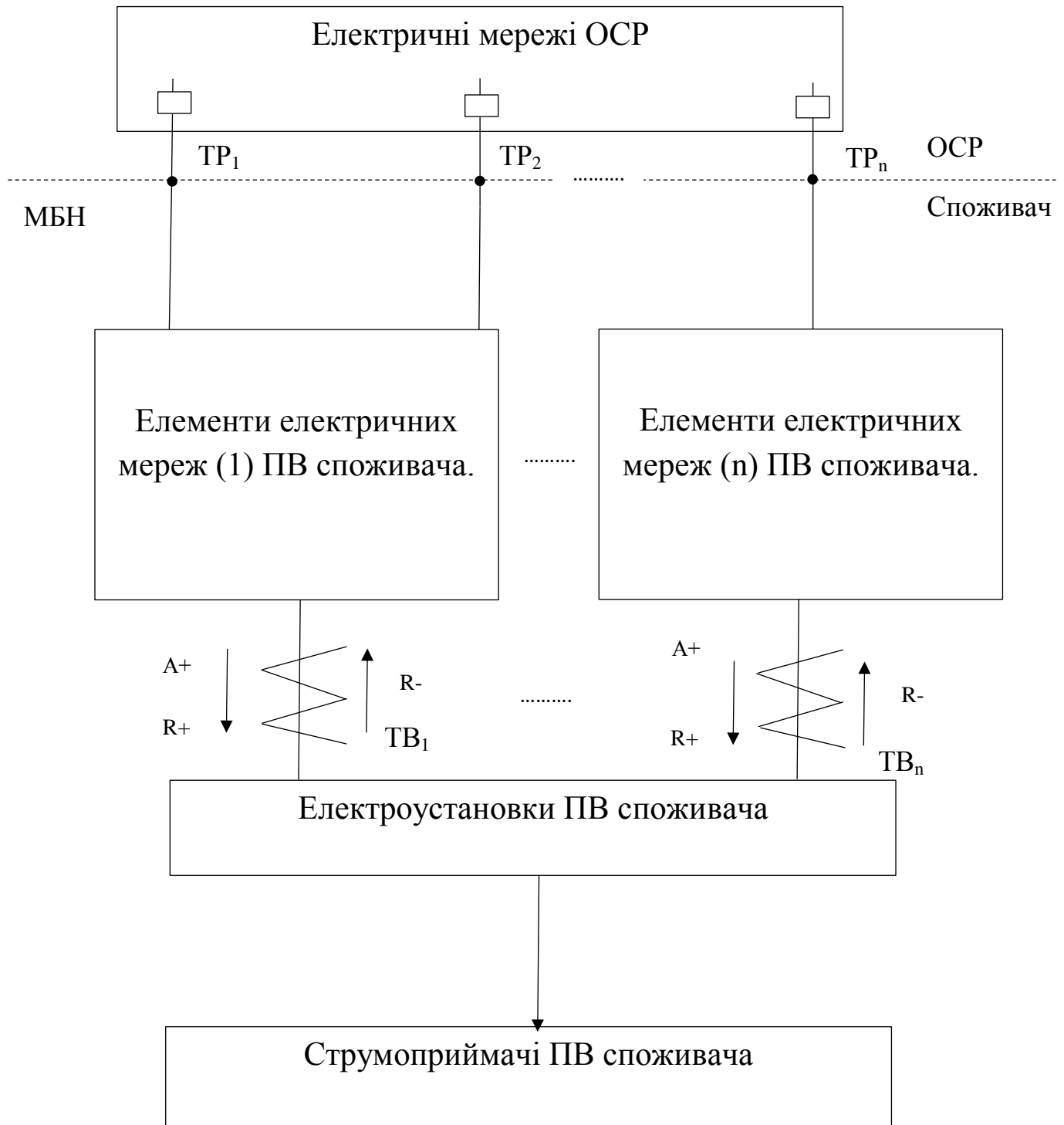


Рисунок 2.6 ТВ розташовані нижче МБН на стороні Споживачів.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $TP_1$  – точка розподілу №1;  $TP_{2...(n)}$  – точка розподілу №2...(n);  $TB_{1,(n)}$  – точка вимірювання №1,(n); ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності співпадають, а точки вимірювання знаходяться нижче.

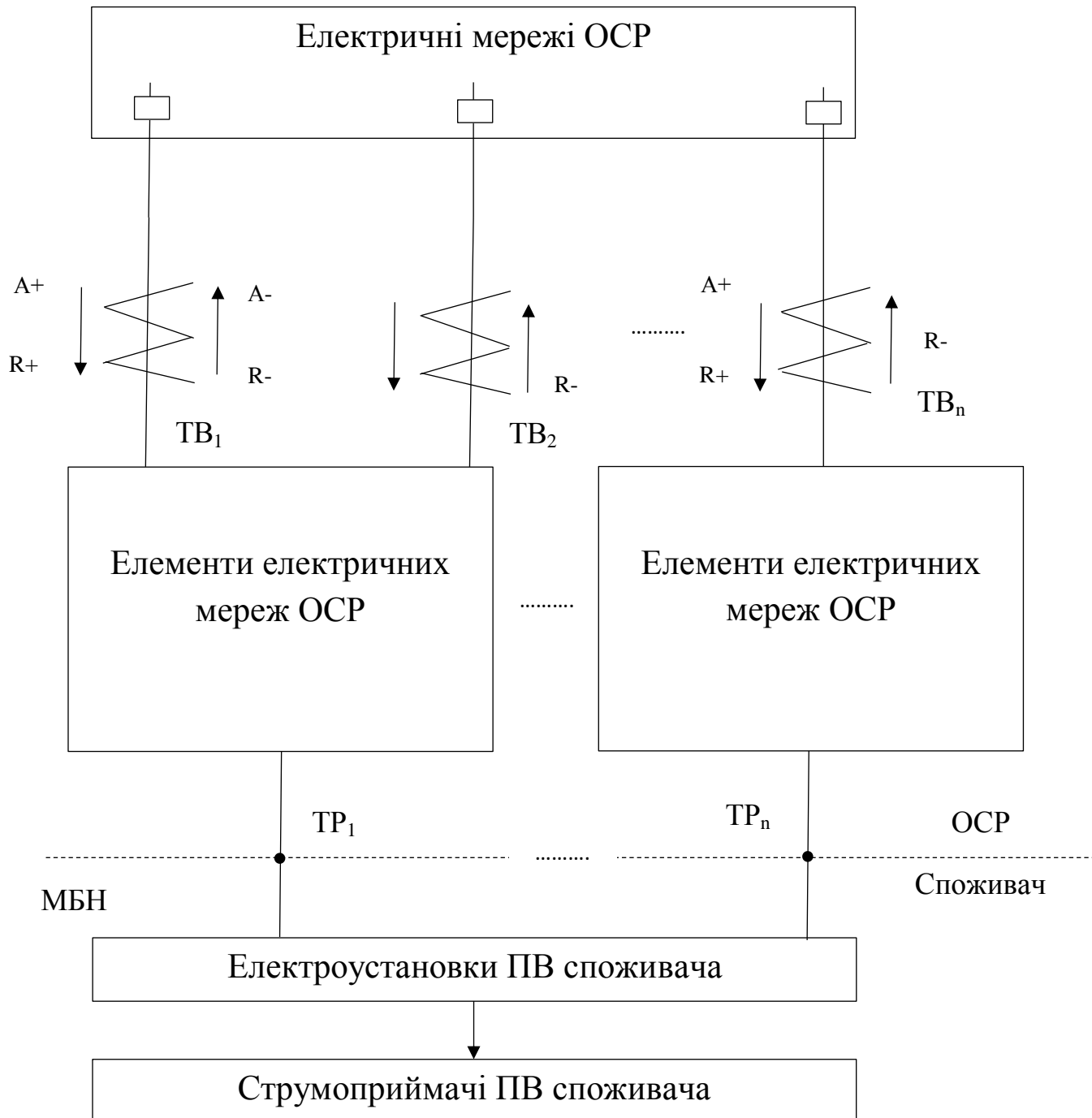


Рисунок 2.7 ТВ розташовані вище МБН на стороні ОСР.

В цій схемі:

ОСР – об’єднана система розподілу;  $ТР_1$  – точка розподілу №1;  $ТР_n$  – точка розподілу n;  $ТВ_{1,2(n)}$  – точка вимірювання №1,2(n); ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності співпадають, а точки вимірювання знаходяться вище.



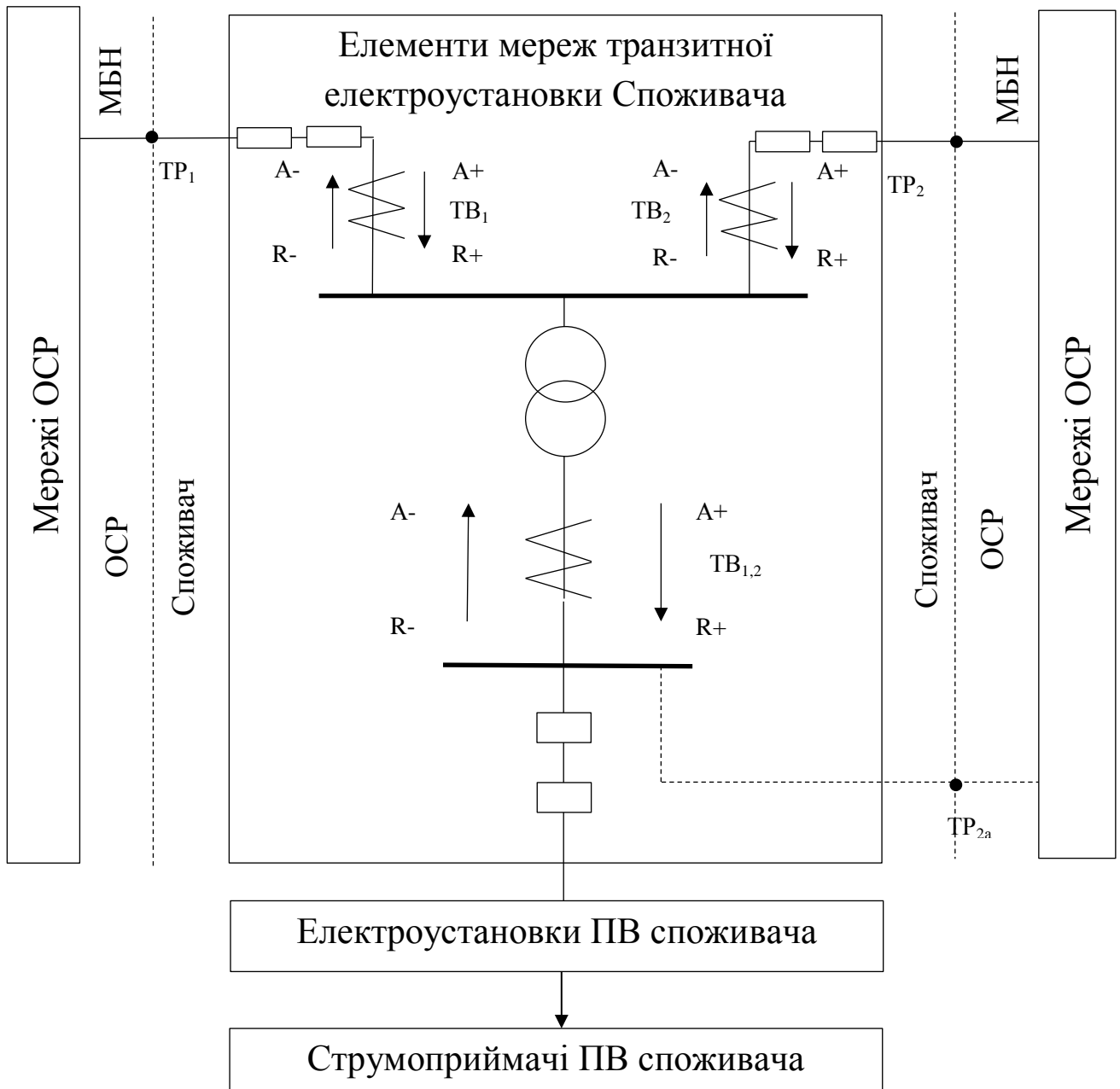


Рисунок 2.9 ТВ розташовані нижче МБН на стороні споживача.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $TP_{1,2(a)}$  – точка розподілу №1,2(а);  $TB_{1,2}$  – точка вимірювання №1,2; ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності співпадають, а точки вимірювання розташовані нижче на стороні споживача.

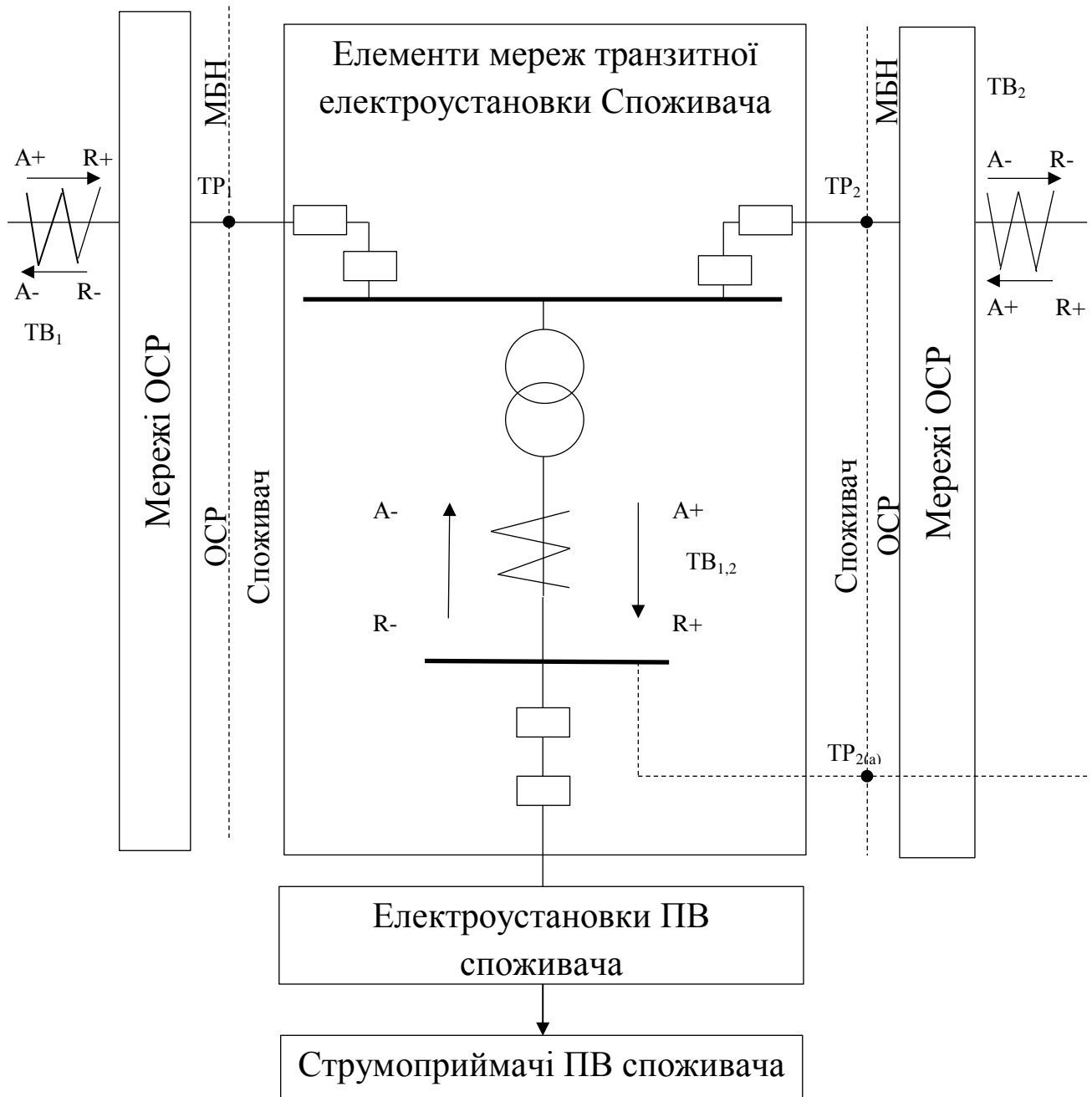


Рисунок 2.10 ТВ розташовані вище МБН на стороні ОСР.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $TP_{1,2(a)}$  – точка розподілу №1,2(a);  $TB_{1,2}$  – точка вимірювання №1,2; ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності співпадають, а точки вимірювання розташовані вище на стороні ОСР.

### 2.2.2.2 Декілька точок розподілу на одній площадці вимірювання споживача:

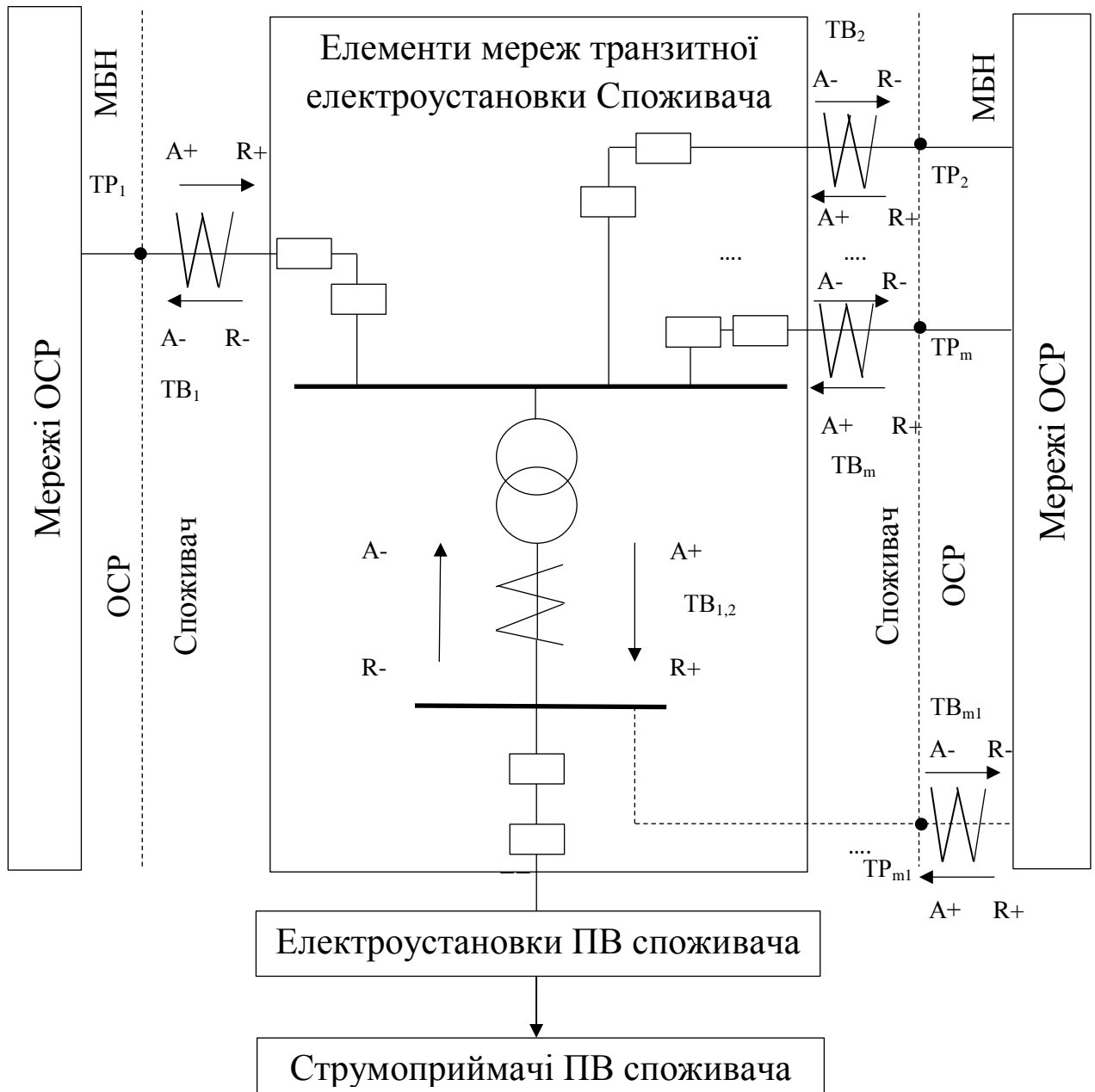


Рисунок 2.11 ТВ розташовані на МБН.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $TP_{1,2...m(1)}$  – точка розподілу №1,2...m(1);  $TB_{1,2...m(1)}$  – точка вимірювання №1,2...m(1); ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності і точки вимірювання співпадають.

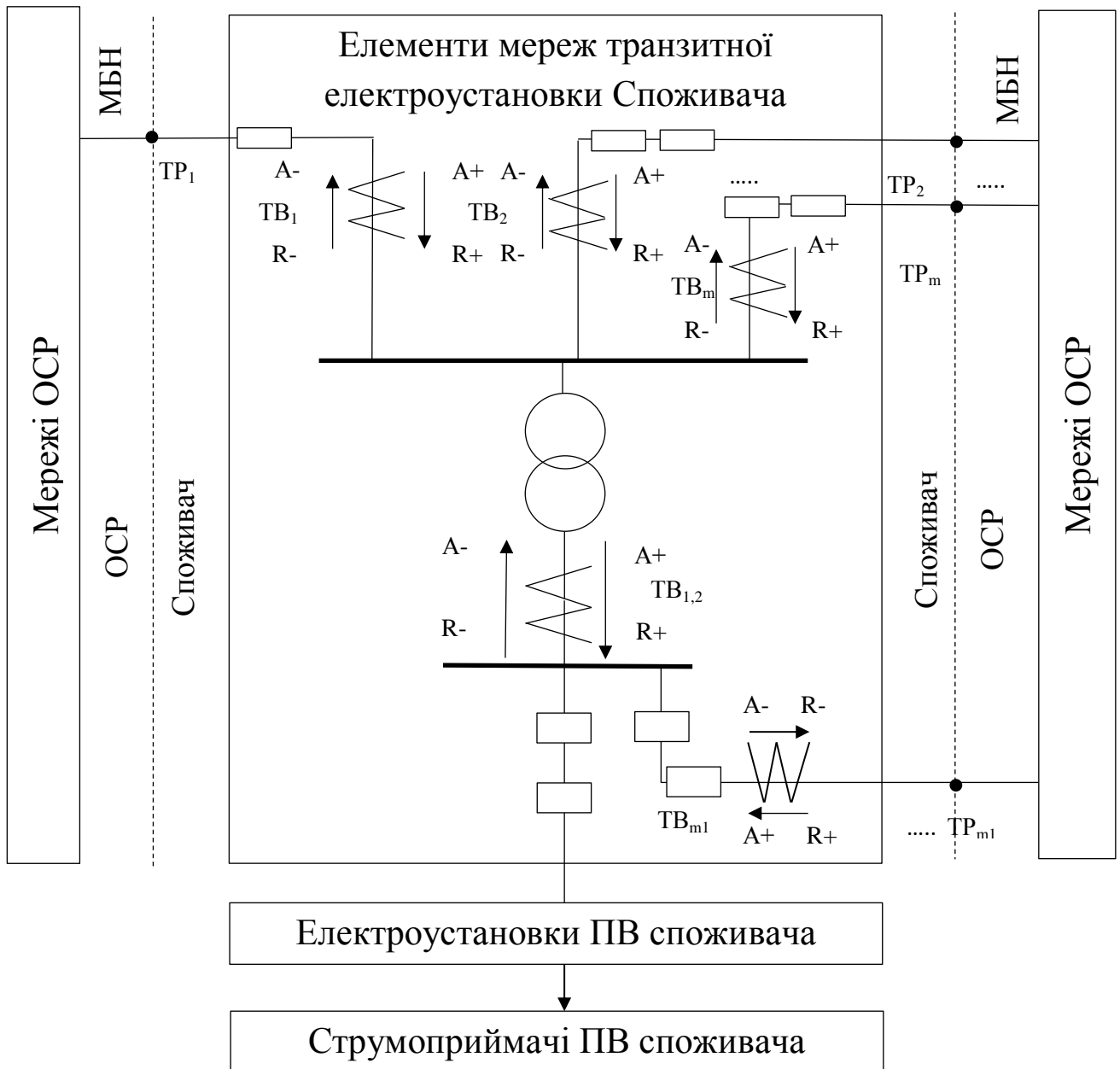


Рисунок 2.12 ТВ розташовані нижче МБН на стороні споживача.

В цій схемі:

ОСР – об'єднана система розподілу;  $TP_{1,2\dots m(1)}$  – точка розподілу №1,2...m(1);  $TB_{1,2\dots m(1)}$  – точка вимірювання №1,2...m(1); ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності співпадають, а точки вимірювання розташовані нижче на стороні споживача.



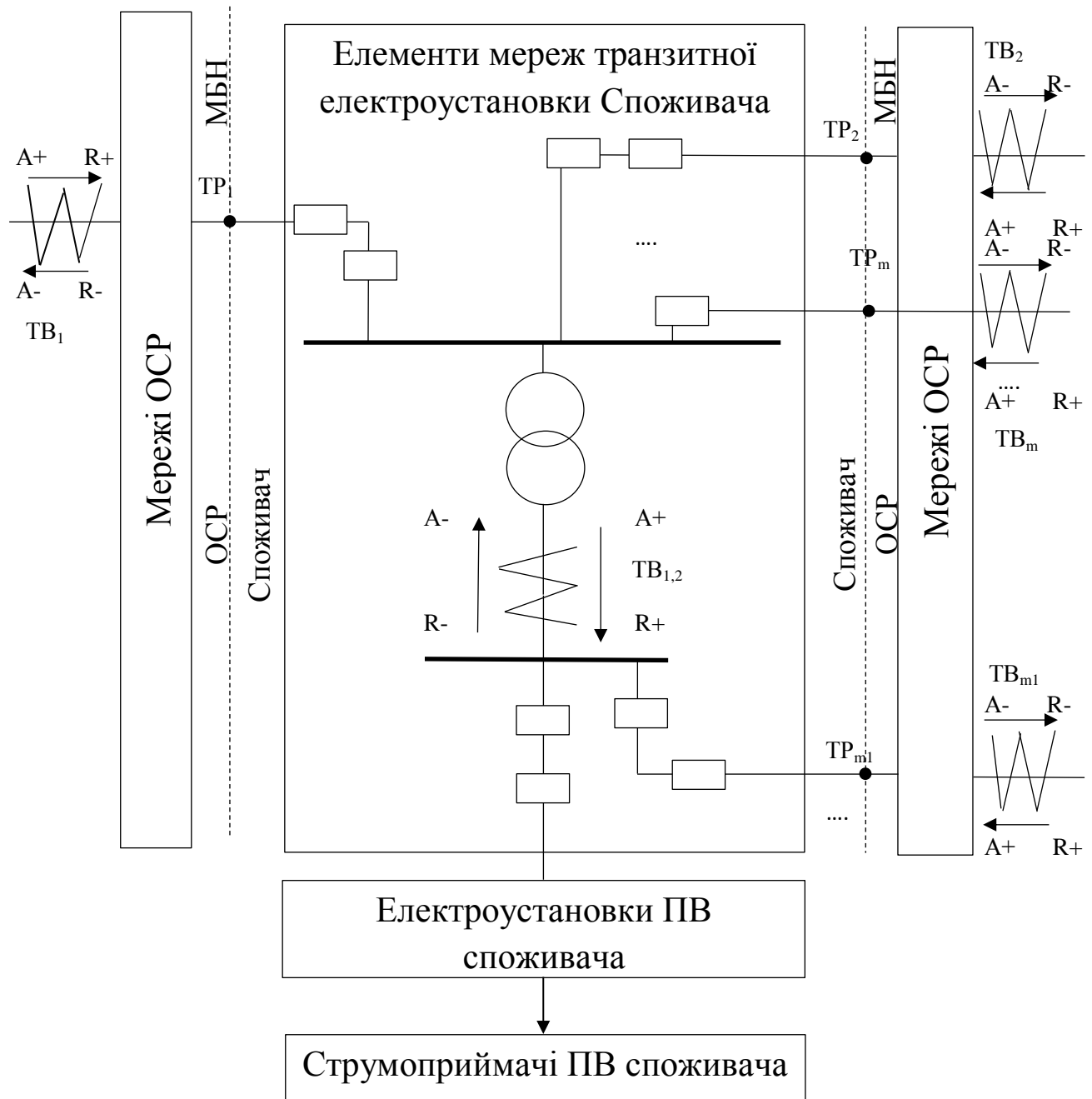


Рисунок 2.13 ТВ розташовані вище МБН на стороні ОСР.

В цій схемі:

ОСР – об’єднана система розподілу;  $TP_{1,2...m(1)}$  – точка розподілу №1,2...m(1);  $TB_{1,2...m(1)}$  – точка вимірювання №1,2...m(1); ПВ – площадка вимірювання; МБН – межа балансової належності;

Межа балансової належності, межа експлуатаційної відповідальності співпадають, а точки вимірювання розташовані вище на стороні ОСР.

### 2.3 Основні цілі, задачі системи обліку та контролю електропостачання.

Можна виділити дві цілі, що досягаються за допомогою контролю і обліку, поставки, споживання енергоресурсів, незалежно від використовуваних для цього засобів [16]:

1. забезпечення розрахунків за енергоресурси відповідно до реального об'ємом їх поставки чи споживання;
2. мінімізація виробничих і невиробничих витрат на енергоресурси.

Завдяки різним способам досягнення мети мінімізація витрат на енергоресурси може бути реалізована як без зменшення обсягу споживання енергоресурсів, так і за рахунок зменшення обсягу споживання енергоресурсів.

Ці цілі досягаються завдяки вирішенню завдань обліку енергоресурсів і контролю їх параметрів.

Завдання систем обліку та контролю електропостачання [16]:

- точне вимірювання параметрів поставки, споживання енергоресурсів з метою забезпечення розрахунків за енергоресурси відповідно реальним обсягом їх протікання і мінімізації невиробничих витрат на енергоресурси, зокрема за рахунок використання більш точних вимірювальних приладів або підвищення синхронності збору первинних даних.
- діагностика повноти даних з метою забезпечення розрахунків за енергоресурси відповідно до реального обсягу їх постачання за рахунок підвищення достовірності даних, що використовуються для фінансових розрахунків з постачальниками енергоресурсів і субабонентами підприємства і прийняття управлінських рішень
- комплексний автоматизований комерційний і технічний облік енергоресурсів і контроль їх параметрів по підприємству, його інфраструктурі і інфраструктурам за діючими тарифними системами з метою мінімізації виробничих і невиробничих витрат.

- контроль енергоспоживання об'єктах обліку в заданих тимчасових інтервалах (5, 30 хвилин, зони, зміни, добу, декади, місяці, квартали і роки) щодо заданих лімітів, режимних та технологічних обмежень потужності мінімізації витрат на енергоресурси та забезпечення безпеки енергопостачання.
- фіксація відхилень контрольованих параметрів енергоресурсів, їх оцінка в абсолютних і відносних одиницях для аналізу як енергоспоживання, так і виробничих процесів з метою мінімізації витрат на енергоресурси і відновлення виробничих процесів після їх порушення через вихід контрольованих параметрів енергоресурсів за допустимі межі.
- прогнозування (коротко-, середньо- та довгострокове) значень величин енергообліку з метою мінімізації виробничих витрат на енергоресурси за рахунок планування енергоспоживання.
- автоматичне управління енергоспоживанням на основі заданих критеріїв і пріоритетних схем включення/відключення споживачів-регуляторів з метою мінімізації виробничих витрат на енергоресурси за рахунок економії ручної праці і забезпечення якості управління.
- підтримка єдиного системного часу з метою мінімізації невиробничих витрат на енергоресурси за рахунок забезпечення синхронних вимірювань. Більшість діючих автоматизованих систем в силу своїх структурних і функціональних обмежень вирішують тільки частину розглянутих задач.

## **Висновки**

1. Проведено аналіз щодо концептуальних положень побудови системи обліку електроенергії в умовах енергоринку. Розглянуто основні характерні показники при використанні при використанні інформаційно-вимірювальної техніки. Вказано на структуру вимірювального комплексу та проаналізовано багаторівневу систему обліку.

2. Вказано в роботі типові схеми розташування точок вимірювання та точок розподілу електричної енергії. Зазначені «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів та «Транзитні» схеми вимірювання основних споживач.
3. Визначено основні цілі, задачі системи обліку та контролю електропостачання. Вказано на неповноту виконання поставлених задач на об'єктах електричного постачання, споживання.

### **3. ПРИКЛАД РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

Для можливості реалізації системи комерційного обліку електроенергії сонячної електростанції необхідно використовувати АСКОЕ.

В нашому випадку АСКОЕ застосовують як інформаційно-вимірювальну систему, завдання якої полягає в вимірюванні, зберіганні, обробці, відображенні задокументованої інформації щодо кількості перетікань електричної енергії, а також для обміну необхідною інформацією в ОРЕ України.

Основні техніко-економічні завдання АСКОЕ є:

- точність в вимірюванні перетікань електроенергії;
- мінімізація часу необхідного для збору та обробки необхідних даних, проведення взаєморозрахунків за спожиту (вироблену) електроенергію та надання (виконання) управлінських рішень;
- складання балансу перетікань електричної енергії;
- передача необхідної інформації щодо перетікань електричної енергії в оперативно-інформаційний комплекс Головного оператора;
- управління режимами електропостачання;
- забезпечення необхідних розрахунків за спожиту (відпущену) електроенергію в умовах ОРЕ України;
- формування даних та передачу інформацію про кількість перетікань електричної енергії в відповідні організації контролю та організації електропостачання, а саме ДП «Енергоринок», обленерго, ДП «НЕК «Укренерго» по встановленому порядку.

При реалізації АСКОЕ сонячної електростанції, система повинна забезпечити формування наступних необхідних даних: «виробіток», «прийом», «віддача», «сальдо», «купівля» та «продаж» електричної енергії відповідно до [25].

Проект організації та впровадження АСКОЕ на сонячній електростанції розробляється відповідно технічного завдання на систему.

Базовий комплект системи на основі вітчизняних та зарубіжних технічних і програмних засобів створюється для забезпечення необхідного функціонування АСКОЕ, для прикладу таких як:

- лічильники обліку електроенергії ZMG 405 CR.4;
- сервер для отримання, обробки та зберігання даних;
- комплекс технічних засобів;
- відповідне програмне забезпечення, що дає змогу безперервному функціонуванню системи в цілому.

### **3.1 Основні технічні рішення при реалізації системи комерційного обліку електроенергії.**

Об'єктом впровадження АСКОЕ є фотогальванічна електростанція (застосування альтернативних джерел енергії – енергія сонця), загальною потужністю 150кВт.

Проектними рішеннями встановлюється, що видача електроенергії в мережу відбувається від шин 0,4кВ ТП-10/0,4кВ та має дві точки обліку (ТО):

- ТО-1, Віддача - РУ-10кВ ТП-10/0,4кВ;
- ТО-2, Генерація - РУ-0,4кВ ШО встановлюється в ТП-10/0,4кВ;

Структура системи АСКОЕ.

Програмно-технічні засоби системи утворюють два рівні:

1) Нижній рівень АСКОЕ, що включає в себе:

- точки обліку;
- об'єкти обліку;

2) Верхній рівень АСКОЕ, що включає в себе:

- центральний пункт системи;
- автоматизовані робочі місця;

Під час побудови кожних із рівнів системи використовуються відповідні програмні забезпечення на основі сучасного мікропроцесорного обладнання та техніки.

Рішеннями передбачено встановлення на об'єкті локального устаткування збору та обробки даних до складу якої входять ТС, ТН, лічильники обліку електроенергії та відповідних комунікаційних центрів, що в свою чергу створюють КТЗ.

Клас точності ТС відповідно [10] - 0,5S.

Облік електроенергії забезпечується лічильниками типу ZMG 405 CR.4 [24], функції якого включають забезпечення зберігання облікової інформації під час відключення живлення на протязі 10 років. Довжина ліній зв'язку 10м.

Забезпечення обміну даними між верхнім та нижнім рівнем підсистеми здійснюється за допомогою:

- 1) локальної мережі;
- 2) GSM із використанням стандартних GPRS/EDGE/GSM-терміналів.

Передача даних основного та резервного каналу між лічильниками обліку електроенергії і системою збору АСКОЕ відбувається за допомогою GSM/GPRS мережу мобільного зв'язку.

Функціонування із суміжними автоматизованими системами.

АСКОЕ будується як відкрита система функціонування та використовує в своєму комплексі стандартизовані документовані інтерфейси передачі даних з можливістю обміну інформацією з іншими системами обліку відповідно вимог до відкритих систем обліку електроенергії.

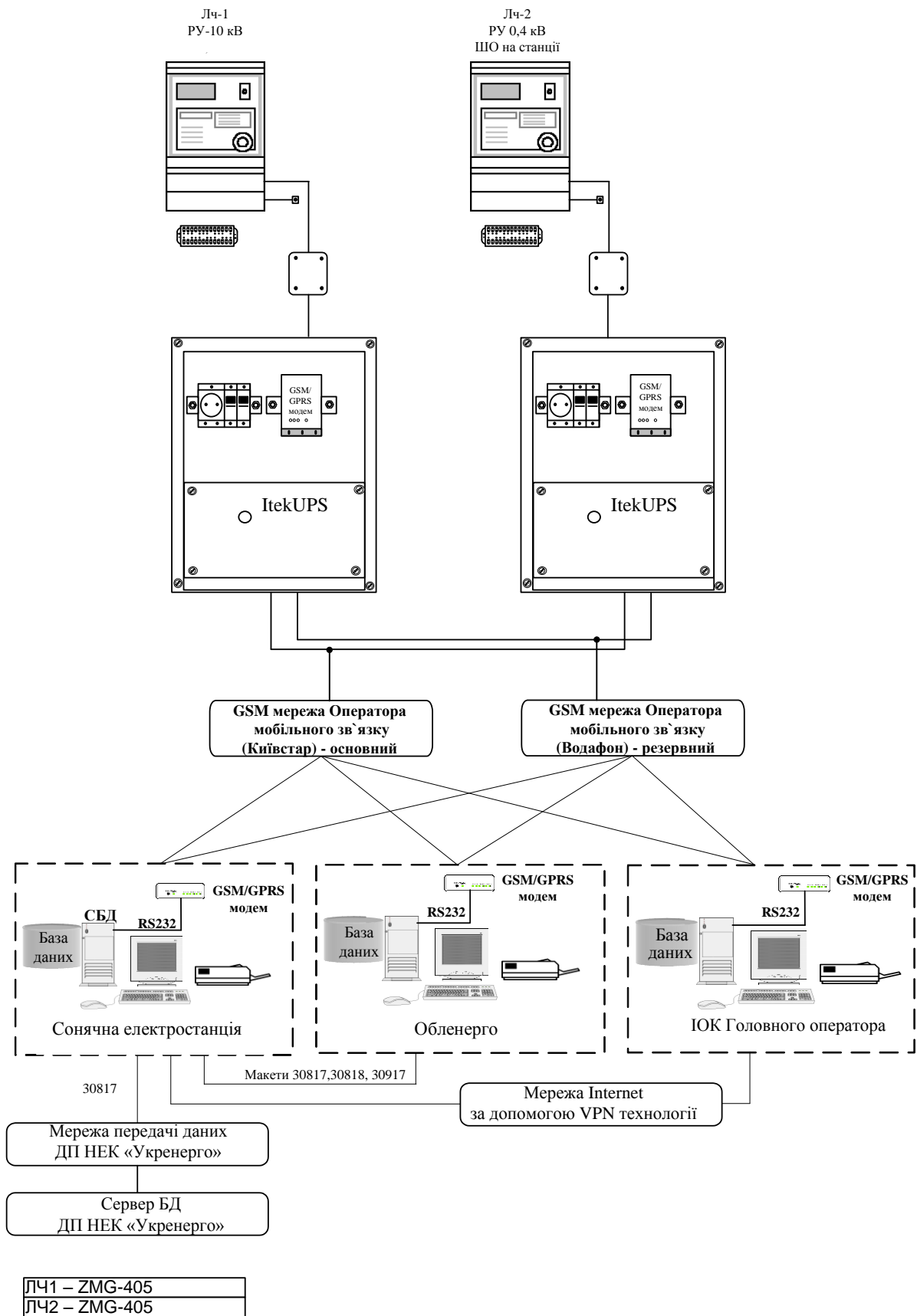


Рисунок 3.1 Структурна схема АСКОЕ сонячної електростанції



Суміжність із іншими автоматизованими системами забезпечується за допомогою архітектури «сервер-клієнт» протоколами TCP/IP та відповідної мови запитів основної бази даних. Передача даних з автоматизованої системи в умовах ОРЕ України відбувається на основі встановленого формату передачі даних.

Здійснення передачі даних енергопостачальній компанії відбувається:

- експортом файлів;
- доступом до лічильників обліку електроенергії.

Експорт файлів відбувається автоматично за допомогою електронної пошти в формах відповідно до встановлених вимог:

- за календарний місяць;
- добове споживання;
- годинний та півгодинний період;

Файли передачі даних надаються в текстовим форматі MS Excel відповідно встановлених зразків та вимог.

Рішеннями передбачається передача інформації щодо перетікання електричної енергії до ІОК Головного оператора мережею Internet технологією VPN.

Якість ручної чи автоматизованої передачі даних, що формуються починаючи із рівнів обліку електроенергії та передачею даних на вищі рівні забезпечуються програмними та технічними засобами АСКОЕ.

Зв'язок між лічильниками обліку електроенергії здійснюється за допомогою інтерфейсу RS-485. Комунаційний модуль який в свою чергу здійснює передачу даних на сервери зацікавлених сторін створюється за допомогою перетворювача інтерфейса RS-485/RS-232 та GSM/GPRS модемом.

Основний склад функцій АСКОЕ в залежності від рівня системи.

На верхньому рівні виконуються наступні функції:

- контроль над станом мереж збору даних від лічильників обліку;

- під час ремонту чи заміні елементів обліку введення недообліку перетікання електроенергії;
- зміна періоду зчитування інформації з лічильників обліку;
- точність в часі та його синхронізацію у всіх підсистемах та устаткуваннях обліку;
- збір інформації про перетікання електроенергії з всіх лічильників обліку включених в АСКОЕ;
- зберігання відповідних даних з кожної групи і точки обліку на заданій системі;
- надання можливості доступу до інформації та бази даних відповідно до повноважень користувачів;
- можливість в автоматичному режимі на встановленому дисплеї по запиту оператора відображення даних перетікань електроенергії;
- виконання відповідних розрахунків щодо втрат електричної енергії в елементах мережі та устаткуваннях відповідно до [9];
- створення системи паролів та обмеження доступу до системи АСКОЕ;
- можливість за допомогою інтерфейсу користувача ввід інформації з лічильників обліку електроенергії;
- друк інформації щодо перетікань електричної енергії по запитам відповідних користувачів;
- за допомогою інтерфейсу користувача надаються можливості використання інформації про збір даних та статистики, а також налаштування та діагностика самої системи.

На нижньому рівні виконуються наступні функції:

- зчитування інформації з приладів обліку в встановлений період часу;
- погодинний облік та зчитування інформації у встановлену порядку. Відображення даної інформації в системі;

- вимірювання кількості перетікань електричної енергії за допомогою багатofункціональних лічильників обліку;
- створення графіків активної та реактивної потужності з заданим періодом інтеграції 5, 10, 15, 30, 60 хвилин;
- формування та збереження первинної бази даних з приладів обліку не менше 3 місяців;
- забезпечення проведення по запиту внутрішньої діагностики;
- зв'язок для передачі даних з приладів обліку електроенергії;
- обмін інформацією та маршрутизація даних;

Комплекс технічних засобів системи АСКОЕ.

Дана автоматизована система є інтегрованою та згідно відповідних структур та розміщення приладів обліку включає в себе підсистеми:

- передача та збір інформації з нижчого рівня, підстанції АСКОЕ НР, що включають:

а) лічильники обліку електричної енергії ZMG 405 CR.4;

б) технічні засоби мобільного зв'язку VPN та GSM- мережі для взаємодії між компонентами системи. Надання прямого доступу до лічильників обліку електроенергії;

- формування бази даних, контроль та облік електроенергії - верхній рівень.

Режими функціонування системи АСКОЕ:

Функціонування системи відбувається безперервно та цілодобово з фіксованими періодами ремонту роботи і зупинками системи та проведенням огляду комплексу.

Зчитування інформації з точок обліку електроенергії та самодіагностика комплексу системи відбувається автоматично. Деякі системи комплексу потребують проведення комплексної діагностики за допомогою окремого переносного ком'ютера та оператора.

Програмне забезпечення надає можливість системі синхронізацію сервера, приладів та пристроїв обліку за протоколом NTP [26].

Інформаційне забезпечення системи:

База інформаційного забезпечення будується за допомогою взаємопов'язаних баз даних нижнього та верхнього рівня як сукупність різних засобів і методів, що діляться на інформаційні масиви.

Дане інформаційне забезпечення системи надає можливість ведення обліку з наступними показниками:

- повнота;
- достовірність;
- своєчасність;
- синхронність;
- надійність;
- збереження необхідної інформації;
- взаємообмін;
- зручність в наданні необхідної інформації.

Система надає можливість роботи в програмі з можливістю одноразового введення необхідної бази даних та багаторазового використання необхідної інформації.

База інформаційного забезпечення складається з:

- первинна база даних, знаходиться в складі лічильників обліку;
- масив копії первинної бази даних, як необхідність дублювання інформації при роботі в аварійних ситуаціях;
- нормативно довідкової інформації;
- масив даних ручного введення;
- форми звітності та макети даних;
- протоколи діагностики та роботи;
- дані ручного введення;
- дані обробленої інформації згідно окремих груп точок обліку

електроенергії;

Програмне забезпечення системи АСКОЕ.

Програмне забезпечення, що надає можливість повному функціонуванню системи та зв'язку між масивами даних складається з:

- прикладного програмного забезпечення;
- спеціальне програмне забезпечення;
- системи та засоби програмного забезпечення, що розширюють можливості роботи системи;

Програмне забезпечення системи використовує операційну систему на основі ліцензійної Microsoft Windows 10.

Для можливості реалізації функціональної діяльності системи використовують прикладні програмні забезпечення на основі ліцензійної Microsoft Office.

В склад спеціальних програмних забезпечень входять комплекс засобів «ELECTRO».

Спеціальний програмний засіб «ELECTRO» надає наступні можливості:

- внесення змін та їх реєстрацію в спеціальному журналі;
- копіювання в архів та відновлення з архіву необхідної інформації;
- тестування функціонування програмно-технічного забезпечення системи;
- захист системи за допомогою паролів, захист від стороннього втручання, стирання чи змінення даних системи.

### **3.2 Характеристика функціональної структури автоматизованої системи обліку.**

Схема функціональної структури системи поділяється на наступні рівні:

- верхній рівень (сервер автоматизованої системи);
- нижній рівень (підстанція, об'єкт контролю).

3.2.1 Верхній функціональний рівень містить в собі наступні підсистеми:

- сервер збору даних;
- редагування;
- адміністрування;
- відображення інформації;
- контроль функціонування;
- імпорт та експорт даних;

Фази сеансу опитування інформації КТЗ:

- розрив з'єднання;
- обмін даними;
- з'єднання з КТЗ.

Будь який сеанс зв'язку контролюється внутрішніми годинниками системи, що автоматично роблять звірку з встановленим часом. В залежності від дослідницької експлуатації час може звірятись.

В залежності від обсягу передачі даних при зчитуванні півгодинних показників лічильників, час сеансу зв'язку складає не більше 20хв. З'єднання встановлюється при введенні необхідного пароля і імені, що в свою чергу забезпечує комерційний захист даних. Кількість інформації, що передається до бази даних залежить від кількості лічильників обліку, їх конфігурації та параметрів які зчитуються базою даних.

База даних системи містить в собі наступні масиви:

- дані та параметри ручного введення користувачем, а також розрахункові параметри та значення;
- дані неопрацьованих (поточних) за певний період показників лічильників;
- в залежності від інтервалу часу (півгодинного, добового, місячного) масиви параметрів щодо перетікання електроенергії по кожній точці обліку;
- в залежності від інтервалу часу (півгодинного, добового,

місячного) масиви параметрів щодо перетікання електроенергії по кожній групі обліку;

- звітної та нормативно-довідкової інформації;
- сервера збору даних та параметрів точок обліку;

Кожна інформація, що фіксується в базі має свій час збереження даних та після закінчення встановленого терміну відбувається автоматичне архівування масиву даних та необхідне видалення інформації. В залежності від облікового періоду доба, місяць, квартал, рік, система надає можливість зберігати інформацію в базі даних.

Види обробки інформації в системі:

- за встановленими критеріями вибір інформації з бази даних;
- проведення розрахунку навантаження по групах обліку та сумарного споживання;
- встановлення та контроль обсягів виробництва та споживання електроенергії по групах обліку;
- отримання та занесення облікової інформації, отриманої на межі балансової належності;
- отримання параметрів щодо коефіцієнтів трансформації;

Архівування інформації в базі даних проводиться при необхідності видалення застарілої інформації та створення резервних копій на випадок поломки системи.

Резервні копії бази даних створюють програмою-планувальником в залежності від встановленого терміну (в основному раз в тиждень). Встановлені резервні копії переносять на різні носії інформації, що в свою чергу забезпечують довготривале зберігання даних.

Виведення та відображення інформації в системі відбувається на термінал та принтер. Виведення інформації відбувається згідно встановлених шаблонів та форм в текстовій формі або за допомогою MS Excel.

Підсистема відображення інформації виконує наступні функції:

- 1) формування, збереження та друк звітної інформації на основі встановлених форм;
- 2) використання інтерфейсу користувача;
- 3) використання архівної та поточної інформації в графічних та табличних формах звітності.

До складу системи АСКОЕ також входять склад програм, що надають можливість редагування, обробку та коригування як поточної так і архівної інформації.

Підсистема редагування має можливість:

- 1) коректив інтелектуальних лічильників обліку електроенергії;
- 2) коректив функціонування обліку;
- 3) налаштування модулів;
- 4) налаштування інтерфейсу користувача;
- 5) проведення налаштування процесів обчислення розрахункових параметрів;
- 6) організація списку макетів інформації для експортування;
- 7) утворення макетів експорту інформації;
- 8) утворення форм звітності;

Підсистема адміністрування – надає ефективну роботу користувачеві, до складу якої належать наступні функції:

- 1) видалення, додавання та угруповання встановлених функціональних задач в системі відповідно до заданої поставленої мети;
- 2) встановлення доступних прав та ролей по перегляду, видаленню та редагуванню даних;
- 3) проведення реєстрації користувача та його можливості в роботі системи;
- 4) налаштування параметрів та розкладу зчитування інформації;

Підсистема контролю функціонування.



Під час функціонування системи, зчитування інформації та надходження даних відповідним зв'язком відбувається постійний контроль за байт статусом пристрою, в разі зміні параметрів чи роботи системи вносяться відповідні дані в базу (повідомлення чи попередження в залежності від поставленої проблематики).

Генеровані сервером модемів дані щодо розбіжності в часі, функціонування зв'язку, внесення змін до програмування тарифних зон та налаштування часу вносяться в відповідний журнал автоматизованої системи.

На постійній основі сервер модемів веде постійну роботу в аналізі виконанні чи не виконанні відповідні запрограмовані дії з отримання, передачі, аналізування та зчитування інформації.

За допомогою отриманої інформації щодо функціонування системи можна проаналізувати роботу каналів зв'язку, програм, пристроїв і системи в цілому, можливе проведення постійного аналізу роботи системи в цілому та швидкому реагуванню при суттєвих неполадках.

Імпорт та експорт даних.

Функціями системи забезпечується доступ до відповідної інформації та системи зовнішніх абонентів (зацікавлених сторін) до необхідних баз даних за їх необхідністю, а також реалізує захищеність інформації від стороннього втручання, що відповідає вимогам [11].

Окрім встановленого прямого доступу відповідних осіб відповідно рівнів їх інформаційного забезпечення, що організовується відповідним кваліфікованим працівником, також можлива організація надання даних іншим сторонам наступними способами:

- 1) передача відповідним сторонам паперових чи електронних звітів встановленої форми, що надалі можливе для обробки інформацій та занесення в необхідну базу даних.

- 2) за допомогою установок клієнтської підтримки системи, в даному

випадку взаємодія зацікавлених сторін та АСКОЕ відбувається по лініям зв'язку. В даному способі захист даних відбувається стандартними засобами функціонування системи.

Адміністратором автоматизованої системи визначається загальна кількість доступної інформації користувачу та функції дій в АСКОЕ.

Функціонування системи звітної інформації включає:

- автоматизованої передачі кожного дня до 1-ї години необробленої інформації до обленерго та в Центральну ЕС НЕК «Укренерго»;
- передачі до 8-ї години у разі необхідності додаткової уточненої інформації до обленерго та в Центральну ЕС НЕК «Укренерго»;
- кожного дня по встановленим формам о 10 годині в автоматичному режимі передається інформація в ДП «Енергоринок», за допомогою встановлених протоколів передачі інформації щодо обсягів перетікань електричної енергії.

### 3.2.2 Нижній рівень (підстанція, об'єкт контролю).

Нижній рівень системи складається з:

- устаткування обліку (ланцюги вимірювання, трансформатори напруги, струму);
- лічильники обліку електричної енергії;
- програми, прилади та засоби для передачі даних;

В заданій АСКОЕ використовуються лічильники обліку перетікання електроенергії типу ZMG 405 CR.4 [24] з встановленим класом точності 0,5S. Дані устаткування дають можливість виміру обсягів перетікань електричної енергії, потужності (активної, реактивної) та надання інформації щодо якості напруги та роботи самої мережі.

Інтерфейси даних встановленими формами надають можливість передачу необхідної інформації. Кожен прилад обліку електроенергії забезпечений необхідним джерелом живлення.

Лічильники обліку перетікання електричної енергії як один із головних елементів нижчого рівня системи необхідні для:

- контролю за кількістю перетікань електричної енергії;
- відповідно до встановлених конфігурацій забезпечує

розрахунковим способом надання інформації про кількість електроенергії з інтервалом в часі 1, 2, 3, 5, 10, 12, 15, 20, 30, 60 хвилин.

- введення особистого часу та звірення його з встановленим;
- проведення самодіагностики функціонування лічильників;
- занесення до встановленої бази подій;

- захист до системи лічильника від стороннього доступу;

- проведення виміру необхідних параметрів роботи мережі, таких як: потужність, частота, напруга, струм, коефіцієнт навантаження мережі.

В свою чергу комплекс технічних засобів призначений для узгодження вихідного каналу інтерфейсу лічильника обліку електроенергії RS-485 з виходом RS-232 GPRS-модему для можливості передачі даних щодо обсягів перетікання електроенергії в АСКОЕ.

Комплекс технічних засобів надає можливість маршрутизації (передачі) даних в системі.

Технічні засоби системи використовуються в межах їх умов застосування, встановлених в їх нормативно-технічній документації.

Необхідна температура навколишнього середовища становить:

- для установок встановлення яких передбачається в навколишньому середовищі: від -35 до +55°C;
- для установок встановлення яких передбачається в закритих приміщеннях: -10 до 35°C;

Вологість в повітрі повинна становити при температурі +35°C не більше 80%;

Нормативний (робочий) атмосферний тиск становить від 630 до 800 мм рт. ст.

Під час включення та відключення установок технічних засобів автоматизованої системи не створюється перешкоди в діяльності системи в цілому, що можуть викликати збій в роботі інших приладів та устаткувань, електропостачання яких здійснюється однією і тією мережею постачання.

Передбачається також застосування відповідних технічних мір від захисту електромагнітного впливу (перешкод) шляхом прокладання кабелів передачі даних окремо від кабелів іншого призначення (з застосуванням: екранування, заземлення, фільтрів та інших компонентів).

За допомогою використання інтерфейсу і протоколів обміну, що забезпечене відповідним кодуванням відбувається передача інформації по каналах зв'язку.

Сам режим роботи технічних засобів системи є незупинний та без встановленої тривалості.

У разі виходу з ладу серверного обладнання та іншого програмного забезпечення, можливість передачі даних інформації до інформаційного обчислювального комплексу Головного оператора забезпечують резервні системи нижнього та верхнього рівнів. Контроль надійності та оцінювання роботи системи відповідає вимогам [27].

3.2.3 Розрахунок показників виробітку, споживання/купівлі, відпуску/продажу електричної енергії.

3.2.3.1. Визначення показників вироблення електричної енергії.

Обсяг виробленої енергії суб'єктом альтернативної енергетики рівний обсягу виробітку кількості активної енергії за показниками лічильника (Л-2 - генерація) встановленого на станції (підстанції) по виробленню електроенергії згідно рис.3.1.

3.2.3.2. Визначення «сальдо» перетікання електричної енергії [7].

- Кількість відпущеної електроенергії в мережу електропередавальної організації:

Обсяг електроенергії, що відпускається в мережу електропередавальної організації рівна показнику відпуску активної енергії з лічильника встановленого на вводі в ТП-10/0,4кВ (Л-1 - віддача) згідно рис.3.1.

- Споживання електроенергії з мереж електропередавальної організації у разі недостатньої кількості виробленої енергії:

Загальна кількість споживання електроенергії з мереж електропередавальної організації рівна *сумі* кількості спожитої електричної енергії за показниками лічильника (Л-1 – віддача) встановленого на вводі в ТП-10/0,4кВ та поправки розрахункової величини до обсягу спожитої електроенергії у разі не завантаження облікової схеми.

- «Сальдо» кількості перетікання електричної енергії:

«Сальдо» перетікання електричної енергії рівна *різниці* обсягу споживання електроенергії з мереж електропередавальної організації у разі недостатньої кількості виробленої енергії та кількості відпущеної електроенергії в мережу електропередавальної організації.

Згідно з [7]:

а) коли сальдо перетікання електроенергії має *від'ємне* значення тоді обсяги відпущеної електроенергії в оптовий ринок електроенергії з об'єкта за певний розрахунковий період дорівнює значенню сальдо перетікання електроенергії, а обсяг купівлі електроенергії Виробником в енергопостачальника дорівнює нулю. *(тобто при надмірному виробленню електричної енергії Виробником, електроенергія спочатку повинна споживатися власними потребами об'єкта, а залишок продаватися в оптовий ринок електроенергії).*

б) також якщо сальдо перетікання електроенергії має *додатне* значення тоді обсяги відпущеної електроенергії в оптовий ринок електроенергії з об'єкта за певний розрахунковий період дорівнює нулю, а обсяг купівлі електроенергії Виробником в енергопостачальника дорівнює рівним значенню сальдо перетікання електричної енергії.

### 3.2.4 Ручні та автоматизовані операції системи.

#### а) ручним режимом здійснюються операції:

- проведення адміністративних робіт системи, налаштування апаратного та програмного забезпечення;
- пошук несправностей в системі відповідно до повідомлень з встановленого журналу;
- ручний вибір необхідного об'єкта аналізу, способу та форми його відображення, інтервалу, необхідного аналізу та пошуку вирішення оптимальних задач;
- проведення очищення основної бази даних;
- відновлення архівних необхідних даних та проведення роботи в розроблені нових автоматизованих систем.

#### б) автоматичним режимом здійснюються операції:

- формування в базі даних про обсяги перетікання електричної енергії з лічильників обліку електроенергії;
- проведення оброблення необхідних даних;
- суміжність з іншими системними операціями та функціями;
- проведення архіювання, відновлення, або видалення необхідних даних;
- здійснення можливості функціонування роботи системи після аварійних неполадок;
- проведення необхідного контролю над функціонуванням технічних та програмних засобів;
- створення та передача макетів даних;

У разі встановленої необхідності деякі системні операції, що здійснюються автоматично можуть забезпечуватися ручною роботою оператора.

В системі забезпечено також ручне введення необхідних параметрів щодо обліку електроенергії лічильниками, для розширення функціонування

системою, що не забезпечені функцією автоматизованого збору даних. Також є можливість ручного введення необхідних параметрів по точкам обліку електроенергії у разі відсутності їх живлення.

Необхідність в поділі операцій на автоматизованого та ручного типу:

- звільнення оператора від необхідності прийняття рішень від функціонування інших систем, що не входять до складу системи, а також інших дій, що за своїм функціональним призначенням виконують устаткування системи;
- винесення на екран користувача тільки необхідні функції та дані для можливості функціонування оператора тільки в рамках встановленої діяльності;
- надати можливість користувачеві повного зосередження на виконанні своїх функцій та не відволікатись на інші додаткові задачі;
- введення мінімального обсягу необхідних даних в залежності від встановлених конфігурацій;

Головною задачею автоматизованої системи є збір та формування необхідних даних щодо кількості перетікання електричної енергії та до якої висуваються наступні основні вимоги по забезпеченню:

- вірогідність інформації щодо кількості перетікання електроенергії та класу точності проведення вимірювання показників лічильників; захищеність та повнота отриманих даних з приладів обліку;
- час в проведенні оброблення даних отриманих з приладів обліку електроенергії та доступність до неї оператора;

Досягнення встановленої (необхідної) точності виміру електроенергії забезпечуються встановленою схемою організації розрахункового обліку та встановленням лічильників обліку електроенергії відповідного класу точності.

Через те що автоматизована система є розрахунковою згідно якої проводяться комерційні розрахунки за спожиту/вироблену електричну

енергію то зміна в достовірності чи втрата необхідних даних системи є неприпустимою.

Можливість в надійності збереження інформації обумовлена наступними діями:

- формування резервних копій даних;
- дублювання даних в сервері;

Система забезпечує збереження необхідних даних комерційного обліку та інших необхідних даних по встановленим термінам перерахованими вище, починаючи з терміну позивної давності. Також система забезпечує збереження інформації в разі виходу із ладу будь якого елементу системи або іншої аварійної ситуації.

### **3.3 Розрахунок втрат електроенергії в лініях електропостачання.**

Визначення та розрахунок втрат електричної енергії здійснюється відповідно вимог ТУ як для об'єктів альтернативної енергетики з рівнем інформаційного забезпечення Б та [9].

Обсяг перетікань активної електричної енергії  $W_C^{(P)}$  (кВт·год) за інтервал часу від  $T_1$  до  $T_2$ , що проходить через межу балансової належності розраховують відповідно різниці показників лічильників обліку в кінці та на початку періоду за відповідною формулою:

$$W_C^{(P)} = W^{(P)} - \Pi^{(P)} \quad (3.1)$$

де:  $W^{(P)}$  - обсяг вимірювальної активної електричної енергії лічильниками обліку за інтервал часу від  $T_1$  до  $T_2$ ;

$\Pi^{(P)}$ - показник, який характеризує поправку до обсягу активної електричної енергії, що охарактеризована незбігом точки вимірювання електроенергії з межею балансової належності.



Показник поправки до обсягу активної електричної енергії визначається за формулою:

$$P^{(P)} = \sum_{i=1}^N (\Delta W_{\Pi i}^{(P)} + \Delta W_{I3k i}^{(P)}) \quad (3.2)$$

де:  $\Delta W_{\Pi i}^{(P)}$  - втрата активної енергії в жилах кабельних лініях, що проходять від точки вимірювання до межі балансової належності протягом встановленого інтервалу (періоду) часу із встановленим навантаженням;

$\Delta W_{I3k i}^{(P)}$  - втрата активної енергії в кабельних лініях електромережі від точки вимірювання до межі балансової належності в заданий інтервал (період) часу, що пояснюється недосконалістю ізоляції.

$N$  - величина, що вказує на кількість інтервалів часу в періоди від  $T_1$  до  $T_2$ , відповідно методичних рекомендацій [9] різниця даних величин приймається 0,5.

Втрата активної електричної енергії в жилах кабельних ліній за встановлений (півгодинний) проміжок часу визначається за формулою:

$$\Delta W_{\Pi i}^{(P)} = 3 \cdot \sum_{i=T_1}^{T_2} (I_i^2 \cdot R_{EK} \cdot \Delta T_i \cdot 10^{-3}) \quad (3.3)$$

де:  $I_i$  - визначене середнє значення сили струму протягом встановленого періоду часу  $\Delta T_i$ , А;

$R_{EK} = \sum_{m=1}^n R_{\Pi m} \cdot l_m$  - еквівалентний активний опір визначеної фази ліній електропостачання, Ом;

$R_{\Pi m}$  - опір фази встановленої (визначеної) ділянки ліній електропостачання, Ом;

$l_m$  - довжина визначеної лінії електропостачання, м;

$n$  – кількість ділянок ліній електропостачання;

$\Delta T_i$  - тривалість встановленого (визначеного) інтервалу часу;

Втрати активної енергії в ізоляції кабельних ліній визначають за формулою:

$$\Delta W_{I\kappa}^{(P)} = \sum_1^j (\Delta Q_{0j} \cdot l_{kj}) \cdot tg \delta \cdot T_H \quad (3.4)$$

де:

$\Delta Q_{0j}$  - питома (зарядна) потужність кабелю поперечного перерізу, кВАр/км;

$l_{kj}$  - сумарна довжина ділянки лінії електропостачання, км;

$tg \delta$  - тангенс кута діелектричних втрат електричної енергії;

$T_H$  - час подачі напруги в кабельній лінії за встановлений період часу, год.

### **3.4 Проведення необхідних заходів по введенню системи АСКОЕ в експлуатацію.**

#### **3.4.1 Організаційно-технічні заходи по введенню системи АСКОЕ в експлуатацію**

Під час введення системи АСКОЕ в експлуатацію проводяться наступні організаційно-технічні заходи:

1. виділення необхідного місця в приміщенні для установки системи;
2. визначення підрозділу та осіб відповідальних за функціонування системи та роботу в аварійних ситуаціях;
3. проведення живлення технічних засобів електроустановок автоматизованої системи відповідно вимог [28];
4. створення комісії з прийому введення системи АСКОЕ в роботу (експлуатацію);
5. формування відділів по забезпеченню обслуговування програмно-технічного напрямку системи;

6. дослідження функціонування системи АСКОЕ в умовах експлуатації, проведення необхідних до налаштувань;
7. забезпечення підрозділів системи відповідним персоналом для виконання поставлених (необхідних) задач;
8. проведення постійного навчання з особовим складом та вивчення нормативно-технічної документації з функціонування системи АСКОЕ.

Введення системи АСКОЕ в дослідницьку експлуатацію відбувається шляхом надання (оформлення) відповідного договору та складання акту прийняття системи. За час дослідницької експлуатації проводять метрологічну атестацію устаткуванню та надають відповідні копії до електропередавальної організації. (термін проведення дослідницької експлуатації відбувається протягом 1-3 місяців з дня установки системи.

Після завершення проведення дослідницької експлуатації та надання відповідних документів до енергопостачальної організації встановлене устаткування приймається до експлуатації шляхом оформлення акту прийняття системи в експлуатацію.

#### 3.4.2 Метрологічне забезпечення автоматизованої системи.

Необхідність проведення метрологічного забезпечення виконується відповідно [29].

Згідно з [29] автоматизована система відноситься до устаткувань облікової (вимірювальної) техніки, що відносяться за своїм призначенням до постійно-регуляторної метрології та повинно проходити відповідну оцінку відповідним вимогам.

Для можливості проведення необхідної оцінки відповідності вимогам нормативно-технічній документації обрана організація проводить роботи по звірці систем обліку з вимогами порядку проведення необхідних робіт з відповідності встановленим вимогам до ЗВТ.

Введення системи АСКОЕ в експлуатацію потребує необхідності проведення метрологічної повірки.

В період поточної експлуатації автоматизована система підлягає позаплановій, періодичній та іншим поточним перевіркам діяльності устаткувань згідно [30].

Випробування та порядок проведення перевірок комплексу технічних засобів системи здійснюють відповідно правилам вказаним в [31].

В робочих місцях розміщення вимірювальної техніки забезпечуються умови для їх експлуатації.

Канали перетікання електричної енергії, формуються з наступних устаткувань та потребують проведенню метрологічній перевірці:

- 1) трансформатори струму та напруги (відповідають вимогам [32], [33], [10]).
- 2) Індукційні та електронні лічильники обліку активної/реактивної електроенергії (відповідають вимогам [34], [35]).
- 3) Багатофункціональні лічильники обліку електроенергії (відповідають вимогам [36] і ТУ, що видаються електропередавальною організацією до мереж якої необхідно приєднатися).
- 4) інтерфейси RS-485 (відповідають вимогам [37] в місцях пересікання каналів зв'язку).

#### 3.4.2.1 Перевірка трансформаторів струму

Метрологічні характеристики трансформаторів струму (ТС) класу напруги 10 кВ відповідають вимогам класу точності 0,5 S по ДСТУ ІЕС 60044-1.

Відповідно до технічних рекомендацій ПрАТ «Київобленерго» рекомендовано встановити трансформатори струму класу точності 0,5S (1.5.16 ПУЕ) на кожній фазі.

Коефіцієнт трансформації розрахункових трансформаторів струму (ТС) класу точності 0,5S відповідно до ДСТУ ІЕС 60044-1 повинен бути вибраний таким, щоб струм навантаження у вторинній обмотці трансформатору струму змінювався в межах 1% - 120% номінального струму (5 А).

Навантаження вторинних ланцюгів ТС не повинне перевищувати номінальних значень.

Розрахунок первинних струмів проводиться за формулою

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi},$$

де  $P$  - потужність (відповідно  $P_{\max}$  – максимальна,  $P_{\min}$  – мінімальна),  $U$  – напруга мережі (0,4 кВ - для приєднання РУ – 10 кВ ТП 10/0,4 кВ № 358, 0,4 кВ - для приєднання КТП 0,4/10),  $\cos \varphi = 1,0$  – паспортні дані).

Перевірка та обґрунтування вибору трансформаторів струму (*режим віддачі*) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Найменування приєднання	$K_{TC}$	$P_{\max}$ , кВт	$I_{\max}$ , А	% $I_H$	$P_{\min}$ , кВт	$I_{\min}$ , А	% $I_H$
РУ – 10 кВ ТП 10/0,4 кВ № 358 ТО-1	300/5	175	253,0	84,0	50	72	24,0
РУ- 0,4 кВ ШО на станції ТО-2	300/5	175	253,0	84,0	50	72	24,0

Перевірка та обґрунтування вибору трансформаторів струму (*режим споживання*).

Споживачі власних потреб:

- Власне споживання інверторів (вночі) - потужність 0,007 кВт.

Максимальна потужність при споживанні електроенергії – 0,007 кВт.

Мінімальна потужність при споживанні електроенергії – 0,007 кВт.

Коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 1$ .

Дані перевірки зведені в таблицю 2.

Таблиця 2.

Найменування приєднання	$K_{TC}$	$P_{\max}$ , кВт	$I_{\max}$ , А	% $I_H$	$P_{\min}$ , кВт	$I_{\min}$ , А	% $I_H$
РУ – 10 кВ ТП 10/0,4 кВ № 358 ТО-1	300/5	0,007	0,01	0,003	0,007	0,01	0,003

Видно, що вимірювальні трансформатори струму при споживанні електроенергії із мереж енергопостачальної компанії завантажені не більше чим на 0,003 %, що менше 1 % і, що не відповідає вимогам ДСТУ ІЕС 60044-1.

Таким чином обсяг споживання електроенергії визначається розрахунковим методом, згідно з нормативними документами ОРЕ.

Розрахунок перерізу кабелю у вимірювальних ланцюгах ТС проводиться наступним чином:

- 1) Номінальний опір вторинної обмотки, Ом

$$Z_{2\text{ном}} = S_{2\text{н}} / I_{2\text{н}}^2,$$

де  $S_{2\text{н}}$  – допустиме навантаження ТС,  $I_{2\text{н}}$  – номінальний струм вторинної обмотки.

- 2) Загальний опір приладів, Ом

$$Z_{\text{прил}} = R_{\text{лч}},$$

де  $R_{\text{лч}} = 0,004$  Ом – опір лічильника.

- 3) Допустимий опір провідника, Ом

$$Z_{\text{доп}} = Z_{2\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - R_{\text{конт}},$$

де  $R_{\text{конт}} = 0,1$  Ом – опір контактів.

- 4) Розрахунковий переріз проводу, мм<sup>2</sup>

$$F_{\text{пр мин}} = \rho \cdot L_{\text{ТС}} \cdot k_{\text{сх}} / Z_{\text{доп}},$$

де  $\rho = 0,0175$  Ом · мм<sup>2</sup>/м – питомий опір міді,  $L_{\text{ТС}}$  – довжина ланцюгів ТС,  $k_{\text{сх}}$  – коефіцієнт схеми включення лічильника в ланцюги обліку ТС (для трьох ТС  $k_{\text{сх}} = 1$ ).

За умовами механічної міцності переріз провідників для струмових ланцюгів повинен бути не менше 2,5 мм<sup>2</sup> для міді.

Розрахунок фактичного навантаження:

- 1) Опір провідника

$$R_{\text{пр}} = \rho \cdot L_{\text{ТС}} / S_{\text{пр вибр}},$$

де  $S_{\text{пр вибр}} = 2,5 \text{ мм}^2$  – вибраний переріз провідника.

## 2) Розрахункова потужність навантаження

$$S_{\text{розр}} = (R_{\text{пр}} + R_{\text{лч}} + R_{\text{конт}}) \cdot I_{2\text{н}}^2.$$

Перевірка навантаження вторинних ланцюгів ТС приведена в табл. 3.

Таблиця 3.

Найменування приєднання	$S_{2\text{н ТС}}, \text{ВА}$	$I_{2\text{ном}}, \text{А}$	$Z_{2\text{ном}}, \text{Ом}$	$Z_{\text{доп}}, \text{Ом}$	$F_{\text{пр мін}}, \text{мм}^2$	$F_{\text{пр вибр}}, \text{мм}^2$	$L_{\text{ТС}}, \text{м}$	$S_{\text{розрТС}}, \text{ВА}$
РУ – 10 кВ ТП 10/0,4 кВ № 358 ТО-1	5	5,0	0,2	0,06	1,46	2,5	5,0	3,5
РУ- 0,4 кВ ШО на станції ТО-2	5	5,0	0,2	0,06	1,46	2,5	5,0	3,5

За результатами фактичних навантажень ТС видно, метрологічні характеристики ТС відповідно до ДСТУ ІЕС 60044-1 знаходяться в нормі.

### 3.4.2.2 Алгоритм визначення показників виробітку, споживання/купівлі, відпуску/продажу електроенергії

#### 1. Виробіток електроенергії:

$$W_{\text{виробіток}} = W_{\text{віддача л.2}};$$

де:  $W_{\text{виробіток}}$  - обсяг виробітку електроенергії;

$W_{\text{віддача л.2}}$  - обсяг виробітку активної енергії за параметром "віддача" лічильника 2.

#### 2. "Сальдо" перетоків електроенергії:

##### 2.1. Відпуск електроенергії в мережі електропередавальної організації:

$$W_{\text{віддача}} = W_{\text{віддача л.1}};$$

де:  $W_{\text{віддача}}$  - обсяг відпуску електроенергії в мережі електропередавальної організації;

$W_{\text{віддача л.1}}$  - обсяг відпуску активної енергії за параметром "віддача" лічильника 1.

## 2.2. Споживання електроенергії за недостатності чи відсутності виробітку електроенергії:

$$W_{\text{прийом}} = W_{\text{прийом л.1}} + \Delta W_{\text{ВП (розр)}};$$

де:  $W_{\text{прийом}}$  - обсяг споживання електроенергії з мереж електропередавальної організації;

$W_{\text{прийом л.1}}$  - обсяг споживання активної енергії за параметром "прийом" лічильника 1;

$\Delta W_{\text{ВП (розр)}}$  - розрахункова величина поправки до обсягу споживання електроенергії згідно з нормативними документами ОРЕ у разі незавантаження схем обліку.

## 2.3 "Сальдо" перетоків:

$$W_{\text{сальдо}} = W_{\text{прийом}} - W_{\text{віддача}};$$

де:  $W_{\text{сальдо}}$  - обсяг "сальдо" перетоків електроенергії.

## 3. Продаж та купівля електроенергії:

### 3.1. За розрахункову годину:

якщо  $W_{\text{сальдо}} < 0$ , то:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}} = |W_{\text{сальдо}}|$ ;

де:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}}$  - обсяг продажу електроенергії в ОРЕ;

якщо  $W_{\text{сальдо}} > 0$ , то:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}} = - |W_{\text{сальдо}}|$ ;

### 3.2. За розрахунковий місяць:

якщо  $W_{\text{сальдо}} < 0$ , то:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}} = |W_{\text{сальдо}}|$ ;

$$W_{\text{купівля в ЕПО}} = 0.$$

де:  $W_{\text{купівля в ЕПО}}$  - обсяг купівлі електроенергії в електропередавальної організації;

якщо  $W_{\text{сальдо}} > 0$ , то:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}} = 0$ ;

$$W_{\text{купівля в ЕПО}} = W_{\text{сальдо}}.$$

Таким чином визначаються:

- погодинні обсяги:



- погодинні значення параметрів “сальдо” перетоків з електропередавальною організацією надаються з відповідним знаком на основі показів приладів обліку (незалежно від режиму роботи Об’єкту);
- погодинні значення параметрів “прийом” та “віддача” надаються на основі показів приладів обліку (незалежно від режиму роботи Об’єкту);
- у разі додатного погодинного значення параметра “сальдо” перетоків Об’єкту з електропередавальною організацією (споживання електричної енергії електростанції із зовнішніх мереж), значення параметрів “продаж електричної енергії” Об’єкту надається з від’ємним знаком.
- за розрахунковий місяць:
  - якщо значення "сальдо" перетоків електричної енергії має від’ємне значення, то обсяг продажу електричної енергії в ОРЕ за цей розрахунковий місяць приймається рівним абсолютному значенню відповідного "сальдо" перетоків електричної енергії, а обсяг купівлі електричної енергії в електропередавальної організації, що надійшла із зовнішніх мереж на власні потреби за цей розрахунковий місяць, приймається рівним нулю;
  - якщо значення "сальдо" перетоків електричної енергії має додатне значення, то обсяг продажу електричної енергії в ОРЕ за цей розрахунковий місяць приймається рівним нулю, а обсяг купівлі електричної енергії в електропередавальної організації, що надійшла із зовнішніх мереж на власні потреби за цей розрахунковий місяць, приймається рівним абсолютному значенню відповідного "сальдо" перетоків електричної енергії.

## **Висновки**

1. Встановлено основні нормативно-технічні та проектні рішення для реалізації системи комерційного обліку сонячної електростанції як на нижньому так і на верхньому рівні системи.

2. Визначено основні функціональні характеристики автоматизованої системи на нижньому та верхньому рівні, а також вказано на розрахунок показників виробітку, споживання/купівлі, відпуску/продажу електричної енергії та зазначені ручні та автоматизовані операційні системи АСКОЕ.
3. Наведено приклад розрахунку втрат електричної енергії в лініях електропостачання з врахуванням відповідних показників;
4. Вказано на проведення необхідних заходів по введенню системи АСКОЕ в експлуатацію на основі нормативно-технічних документів та необхідність проведення метрологічного забезпечення системи перед вводом в експлуатацію.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено дослідження сучасного стану систем комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики, вказано на основні системи генерації електроенергії в Україні, зокрема сонячної, вітрової, гідроенергетики та використання енергії біомаси, що є досить перспективною у можливому розвитку на ринку України. Здійснений аналіз нормативних документів щодо здійснення обліку електроенергії та вказано на основні вимоги що стосуються побудови, проектування, нового приєднання та введення в експлуатацію об'єктів електропостачання.
2. Вказано на концептуальні положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах ринку. Надано схему ієрархічного надходження інформації щодо здійснення обліку електричної енергії та способи передачі (отримання) необхідних даних. Зазначено основні цілі та задачі систем обліку електроенергії, що в свою актуальність все таки не завжди виконуються об'єктами споживання (вироблення) електроенергії.
3. Запропоновано відповідно до встановлених вимог «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів та «Транзитні» схеми площадок вимірювання основних споживачів в залежності від розташування точок вимірювання та точок розподілу до межі балансової належності відповідних сторін.
4. Приведено приклад реалізації системи комерційного обліку сонячної електростанції відповідно встановлених нормативно-технічних вимог. Вказано на основні технічні рішення для побудови системи та функціональні можливості системи в залежності від рівня системи нижнього чи верхнього. Зазначені умови введення автоматизованих

систем обліку електроенергії в експлуатацію та проведення метрологічного дослідження основних систем обліку.

5. Надано стартап проект головна ідея якого полягає у створенні автоматизованого програмного забезпечення для розподілення виробленої електроенергії з альтернативних джерел спочатку на власні потреби об'єкту після надлишок електроенергії продаватиметься в оптовий ринок електроенергії України. Запропоновано дану програму інтегрувати в систему АСКОВЕ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, земли, воды, биомассы/ В. Германович, А. Турилин// Наука и техника, 2014-320с.
2. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі /Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин// Навчальний посібник для ВНЗ – Львів: 2008-187с.
3. Новые источники энергии, 9-е издание, Тула/ Фролов А.В.// 2017-219с.
4. Альтернативные энергоносители/ М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.В. Пронина// Москва, Наука – 2004. – 159с.
5. Нетрадиционные возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие/ Л.М. Четошникова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2010-69с.
6. Закон України «Про альтернативні джерела енергії», Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, №24, ст.155.
7. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг «Про затвердження порядку комерційного обліку електричної енергії виробленої на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії», 2017, №472.
8. Національна комісія з питань регулювання електроенергетики України «Договір між членами оптового ринку електроенергії України» від 15 листопада 1996 року. Додаток 10 до договору «Інструкція про порядок комерційного обліку електроенергії», ст.35.
9. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, «Визначення технологічних втрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання», 2011, №532, ст.65.
10. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України «Про затвердження правил улаштування електроустановок», 2017, №476, ст.759.

11. Наказ Міністерства палива та енергетики України, Національної комісії регулювання електроенергетики України, Державного комітету стандартизації, Метрології та сертифікації України, Державного комітету будівництва, Архітектури та житлової політики України, Державного комітету промислової політики України «Про затвердження Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії», 2000, №32/28/28/276/75/54, с.42.

12. Офіційний сайт Науково-дослідного інституту автоматики та енергетики «Енергія» [Електронний ресурс]. – Посилання: [http://auek.kpi.ua/energiya\\_ndi.html](http://auek.kpi.ua/energiya_ndi.html).

13. Офіційний сайт АТ «Концерн Энергомера» [Електронний ресурс]. – Посилання: <http://www.energomera.ru/ru/products/askue/about>.

14. УДК, 621.311, Ю.С. Олійник, Українська інженерно-педагогічна академія/ Аналіз впровадження АСКОВ на підприємствах// Харків 2016р, 124с.

15. Реалізація зв'язку з системою АСКОВ через GSM мережу/ В.А. Святний, О.М. Мірошкін, В.В. Гриша// Вісник НТУ «ХПІ», 2017, 8с.

16. Гуртовцев А.Л., О происхождении и значениях термина «АСКУЭ»// Промышленная энергетика. – 2003. - №8. – С. 5-6.

17. Андреева Л.В., Л.К. Осика, В.В. Тубинис/ Комерческий учет электроэнергии на оптовом и розничном рынке// Техническая библиотека НП «Авок», 2010, 388с.

18. Ожегов А.Н., системы АСКУЭ/ Вятский государственный университет, 2006, 102с.

19. Осика Л.А., Операторы коммерческого учета на рынках электроэнергии. Технология и организация деятельности/ Производственное практическое пособие, 2007, 192с.

20. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення, Київ, Держспоживстандарт України, 1995.

21. Шпак О.Л., Луців П.Д., Праховник А.В., Калінчик В.П., Шиянов О.О., Автоматизована система комерційного обліку електроенергії, ВАТ ЕК „Хмельницькобленерго”/ Электрические сети и системы, Спецвыпуск, 2010, 22с.

22. Кодекс комерційного обліку електричної енергії // Затверджено постановою НКРЕКП від 20.11.2017 р., 83с.

23. Рекомендації щодо змісту й структури магістерських дисертацій розроблено на підставі «Положення про магістратуру НТУУ «КПІ» і «Основних вимог до дисертацій та авторефератів дисертацій», 2007, 9-17с.

24. Технічні рекомендації щодо вибору розрахункових засобів обліку електричної енергії до ЛУЗОД та АСКОЕ юридичних споживачів/ Затверджено комерційним директором ПАТ «Волиньобленерго», Іванов Д.О., 2012, 4с.

25. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг «Про внесення змін до постанови №2868 від 26.11.2015», 2016, №1142.

26. ГОСТ 8.437-81. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

27. ДСТУ 2864-94. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання. Контроль надійності. Основні положення

28. ГКД 34.20.507-2003. Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж.

29. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2014, №30, ст.1008.

30. ГОСТ 8.513-84 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения.

31. РД 153-34.0-11.205-98. Методические указания. Измерительные каналы информационно-измерительных систем. Организация и порядок проведения калибровки.

32. ГОСТ 7746-89 Трансформаторы тока. Общие технические условия.

33. ДСТУ 1983-2003 Трансформатори напруги. Загальні технічні умови.

34. ГОСТ 6570-96 Счетчики электрические активной и реактивной энергии индукционные. Общие технические условия.

35. ГОСТ 26035-83 Счетчики электрической энергии переменного тока электронные. Общие технические условия.і

36. ГОСТ 30206-94 Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного тока.

37. ГОСТ 23675-79 Цепи стыка С2 системы передачи данных. Электрические параметры.

38. Розроблення стартап-проекту/ Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / О.А. Гавриша, Київ, НТУУ «КПІ», 2016, 28 с.

39. Методичні рекомендації до виконання розрахункової роботи «Маркетингові дослідження в енергетиці» для студентів спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергетичний менеджмент»/ А. І. Замулко, Ю. В. Чернецька, Ю. А. Веремійчук. НТУУ «КПІ», 2012, 65 с.